Nuostabusis cheminių elementų pasaulis

Skirta Vilniaus universiteto studentams ir visiems skaitytojams

# NUOSTABUSIS CHEMINIŲ ELEMENTŲ PASAULIS

AIVARAS KAREIVA

LIETUVOS MOKSLŲ AKADEMIJA 2021

Vadovėlį apsvarstė ir rekomendavo spausdinti
Vilniaus universiteto Chemijos ir geomokslų fakulteto taryba
(2020 m. gruodžio 8 d. protokolo Nr. 610000-TP-15)

Recenzavo: prof. dr. J. Barkauskas (Vilniaus universitetas),
prof. habil. dr. R. Ramanauskas (Fizinių ir technologijos mokslų centras),
doc. dr. R. Skaudžius (Vilniaus universitetas)

Leidinio bibliografinė informacija pateikiama
Lietuvos nacionalinės Martyno Mažvydo bibliotekos
Nacionalinės bibliografijos duomenų banke (NBDB)

© Aivaras Kareiva, 2021
© Lietuvos mokslų akademija, 2021

ISBN 978-609-95832-1-1

# PADĖKA

*Ši knyga nebūtų pasiekusi skaitytojų, jeigu nebūčiau jautęs bičiulių ir artimųjų paramos. Pirmiausia už knygos leidybai skirtą finansinę paramą nuoširdžiai dėkoju Valstybiniam mokslinių tyrimų institutui Fizinių ir technologijos mokslų centrui, Kauno technologijos universitetui, AB „Lifosa“, UAB „Thermo Fisher Scientific Baltics“, „Grota“, „Vandens harmonija“, „Light Conversion“, „Avi Valda“, „Arm Gate“, „Bioeksma“, „Oda LT“, UAB „MKDS“, „Inospectra“, „Grida“.*

*Už visokeriopą paramą ypač dėkoju klasės draugui Antanui Marcinoniui. Už tikėjimą mano darbais ačiū visiems klasės draugams iš Alytaus 5-osios vidurinės mokyklos (dabar „Dainavos“ progimnazija) ir bičiuliams iš Vilniaus universiteto Chemijos instituto Chemijos ir geomokslų fakulteto. Nuoširdžiai dėkoju bendradarbiams iš „zolių-gelių chemijos“ grupės už labai naudingus pokalbius ir diskusijas „kavos kambarėlyje“.*

*Rengiant knygą labai daug padėjo Lietuvos mokslų akademija. Ačiū prezidentui Jūrui Baniui, finansininkei Virginijai Puronaitei, teisininkui Arūnui Šuminui ir, žinoma, Leidybos skyriaus vadovei Zinai Turčinskienei bei jos nuostabiai komandai – visiems prisidėjusiems prie knygos leidimo ir sudarymo – už geranoriškumą ir atsakingą darbą.*

*Esu nepaprastai dėkingas visiems artimiesiems už supratingumą, paramą bei didžiulę kantrybę – visus bučiuoju ir apkabinu.*

*Pagarbiai*

Aivaras Kareiva

KNYGOS IŠLEIDIMĄ RĖMĖ:

# TURINYS


ĮŽANGA 9

1. Vandenilis (H) 13
2. Helis (He) 16
3. Litis (Li) 20
4. Berilis (Be) 23
5. Boras (B) 28
6. Anglis (C) 32
7. Azotas (N) 40
8. Deguonis (O) 45
9. Fluoras (F) 52
10. Neonas (Ne) 57
11. Natris (Na) 60
12. Magnis (Mg) 64
13. Aliuminis (Al) 69
14. Silicis (Si) 77
15. Fosforas (P) 86
16. Siera (S) 94
17. Chloras (Cl) 103
18. Argonas (Ar) 111
19. Kalis (K) 116
20. Kalcis (Ca) 121
21. Skandis (Sc) 127
22. Titanas (Ti) 130
23. Vanadis (V) 141
24. Chromas (Cr) 145
25. Manganas (Mn) 152
26. Geležis (Fe) 157
27. Kobaltas (Co) 166
28. Nikelis (Ni) 171
29. Varis (Cu) 177
30. Cinkas (Zn) 187
31. Galis (Ga) 192
32. Germanis (Ge) 198
33. Arsenas (As) 201
34. Selenas (Se) 206
35. Bromas (Br) 210
36. Kriptonas (Kr) 214
37. Rubidis (Rb) 216
38. Stroncis (Sr) 218
39. Itris (Y) 222
40. Cirkonis (Zr) 226
41. Niobis (Nb) 231
42. Molibdenas (Mo) 236
43. Technecis (Tc) 239
44. Rutenis (Ru) 243
45. Rodis (Rh) 246
46. Paladis (Pd) 250
47. Sidabras (Ag) 253
48. Kadmis (Cd) 264
49. Indis (In) 268
50. Alavas (Sn) 273
51. Stibis (Sb) 278
52. Telūras (Te) 283
53. Jodas (I) 287
54. Ksenonas (Xe) 292
55. Cezis (Cs) 294

**56.** Baris (Ba) 297
**57.** Lantanas (La) 301
**58.** Ceris (Ce) 305
**59.** Prazeodimis (Pr) 308
**60.** Neodimis (Nd) 311
**61.** Prometis (Pm) 315
**62.** Samaris (Sm) 318
**63.** Europis (Eu) 321
**64.** Gadolinis (Gd) 324
**65.** Terbis (Tb) 328
**66.** Disprozis (Dy) 331
**67.** Holmis (Ho) 333
**68.** Erbis (Er) 336
**69.** Tulis (Tm) 338
**70.** Iterbis (Yb) 340
**71.** Lutecis (Lu) 343
**72.** Hafnis (Hf) 345
**73.** Tantalas (Ta) 348
**74.** Volframas (W) 352
**75.** Renis (Re) 356
**76.** Osmis (Os) 359
**77.** Iridis (Ir) 362
**78.** Platina (Pt) 365
**79.** Auksas (Au) 370
**80.** Gyvsidabris (Hg) 377
**81.** Talis (Tl) 381
**82.** Švinas (Pb) 384
**83.** Bismutas (Bi) 390
**84.** Polonis (Po) 394
**85.** Astatis (At) 397
**86.** Radonas (Rn) 399
**87.** Francis (Fr) 404
**88.** Radis (Ra) 406
**89.** Aktinis (Ac 409
**90.** Toris (Th) 412
**91.** Protaktinis (Pa) 416
**92.** Uranas (U) 418
**93.** Neptūnis (Np) 422
**94.** Plutonis (Pu) 424
**95.** Americis (Am) 428
**96.** Kiuris (Cm) 431
**97.** Berklis (Bk) 433
**98.** Kalifornis (Cf) 435
**99.** Einšteinis (Es) 438
**100.** Fermis (Fm) 440
**101.** Mendelevis (Md) 442
**102.** Nobelis (No) 444
**103.** Laurencis (Lr) 446
**104.** Rezerfordis (Rf) 448
**105.** Dubnis (Db) 450
**106.** Syborgis (Sg) 451
**107.** Boris (Bh) 453
**108.** Hasis (Hs) 455
**109.** Meitneris (Mt) 456
**110.** Darmštatis (Ds) 458
**111.** Rentgenis (Rg) 459
**112.** Kopernikis (Cn) 461
**113.** Nihonis (Nh) 463
**114.** Flerovis (Fl) 465
**115.** Moskovis (Mc) 467
**116.** Livermoris (Lv) 468
**117.** Tenesinas (Ts) 470
**118.** Oganesonas (Og) 472
**Literatūra ir šaltiniai** 477

# ĮŽANGA

Šioje knygoje pateikiama susisteminta informacija apie visus 118-a šiuo metu žinomus cheminius elementus. Skaitytojai supažindinami su visų cheminių elementų atradimo istorijomis, jų paplitimu bei resursais gamtoje, gavimo galimybėmis, kaštais ir svarbiausiais panaudojimo žmonijos kasdieniame gyvenime ypatumais. Taip pat jie sužinos apie kylančius pavojus gamtos užterštumui ir žmogaus sveikatai dėl neteisingo cheminių elementų ir jų junginių naudojimo. Knygoje apžvelgiamos ir įdomiausios cheminių elementų savybės bei kitos įdomybės, susijusios su cheminių elementų atradimais ir socialiniais, politiniais, ekonominiais bei kultūriniais visuomenės iššūkiais.

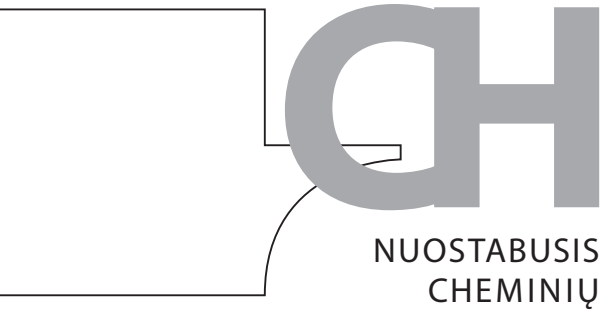
Tai nėra visiškai originalus tik autoriaus parašytas kūrinys. Dalį informacijos apie cheminius elementus radau interneto platybėse (www.rsc.org/periodic-table/; www.en.wikipedia.org/wiki/; www.sciencenotes.org/; www.commons.wikimedia.org/; www.britannica.com/science/; www.lt.wikipedia.org/ ir kt.), daug jos aptikau įvairiuose vadovėliuose, kurie nurodyti naudotos literatūros sąraše, tačiau susisteminti ir surinkti viską į vieną vietą tikrai nebuvo lengva užduotis. Mintis surinkti duomenis apie visus elementus brendo labai daug metų, bet ilgai tam nesiryžau, nes įvairiuose šaltiniuose pateikta informacija kartais būdavo ganėtinai prieštaringa. Ilgai negalėjau suprasti, kuri informacija yra teisingesnė už kitą ir kodėl. Tik po daugelio metų dėstytojo darbo Vilniaus universiteto Neorganinės chemijos katedroje ryžausi rašyti šią knygą.

Štai kokios reikėjo patirties. 1983 m. baigiau Vilniaus universitetą ir įgijau chemiko, dėstytojo kvalifikaciją. 1989 m. apgyniau chemijos mokslų daktaro disertaciją. 1998 m. Kauno technologijos universitete apgyniau fizinių mokslų habilituoto daktaro laipsnį. Nuo 1998 m. iki dabar esu Vilniaus universiteto profesorius, Neorganinės chemijos katedros vedėjas. Akivaizdu, kad katedros vedėju esu per ilgai. 2000 m. Vilniaus universiteto taryba suteikė profesoriaus vardą. 2006–2016 m. buvau Vilniaus universiteto Chemijos fakulteto dekanu, o nuo 2017 m. iki dabar esu Chemijos ir geomokslų fakulteto Chemijos instituto direktorius. Nuo 2004 m. esu Lietuvos mokslų akademijos narys, nuo 2011 m. – akademikas.

Vilniaus universitete skaičiau arba skaitau bendrosios chemijos, neorganinės chemijos, neorganinės chemijos rinktinių skyrių, kietafazių reakcijų, prigimties ir buities chemijos paskaitų kursus. Vadovauju bakalaurų ir magistrantų baigiamiesiems diplominiams darbams. Esu *Chemijos terminų aiškinamojo žodyno* (du leidimai) ir vadovėlio *Pagrindinių grupių elementų chemija* bendraautoris, mokomųjų knygelių *Defektinių kristalų chemija* ir *Kompleksinių junginių chemija* autorius. Man vadovaujant daktaro disertacijas sėkmingai apgynė 35 doktorantai. Vadovavau 6 stažuotojams ir 32 užsienio tyrėjams. Mokslinių publikacijų sąraše yra per 300 mokslinių straipsnių, paskelbtų tarptautiniuose mokslo žurnaluose, referuojamuose pagrindinėse mokslinės informacijos bazėse, konferencijų ir kitų publikacijų, užregistruota patentų. Bendrame mokslo darbų sąraše yra per 800 mokslinių darbų. Esu neorganinių medžiagų sintezės ir apibūdinimo ekspertas. Skaičiau kviestinius pranešimus moksliniuose seminaruose Helsinkio technologijos universitete (Suomija), Stokholmo universitete (Švedija), Geteborgo universitete (Švedija), Orhus universitete (Danija), Talino technikos universitete (Estija), Sarlando universitete (Vokietija), Tiubingeno universitete (Vokietija), Brno universitete (Čekija), Gdansko universitete (Lenkija), Prahos universitete (Čekija), Vienos technologijos universitete (Austrija), Norvegijos mokslo ir technologijos universitete (Norvegija), Kelno universitete (Vokietija), Maltos universitete (Malta), Miunsterio taikomųjų mokslų universitete (Vokietija), Latvijos universitete (Latvija), Nacionaliniame Taipėjaus technologijos universitete (Taivanis), Paul Scherrer institute (Šveicarija), Kun Shan universitete (Taivanis), Taipėjaus medicinos universitete (Taivanis), Venecijos universitete (Italija), Strasbūro universitete (Prancūzija), Tartu universitete (Estija), Džordžtauno universitete (JAV), Kyushiu universitete (Japonija), Kioto universitete (Japonija), Kanagavos universitete (Japonija), Osakos prefektūros universitete (Japonija). Mokslinėse stažuotėse įvairiuose užsienio universitetuose bei institutuose iš viso praleidau 58 mėnesius. Esu gavęs Vilniaus universiteto rektoriaus mokslo premiją (2003, 2007, 2011, 2016 ir 2020 m.), Lietuvos mokslo premiją (2004 ir 2020 m.), Lietuvos Respublikos aukščiausio laipsnio stipendiją (2007–2008 m.), Lietuvos MA Juozo Matulio premiją (2009 m.), apdovanotas Lietuvos mokslų akademijos atminimo medaliu (2021 m.). Esu daugelio mokslinių žurnalų redakcinės kolegijos narys. Buvau Nacionalinio Taipėjaus technologijos universiteto tarptautinis garbės profesorius (2012–2014 m.), apdovanotas

SAPIENTI SAT medaliu (A. Sniadeckio, K. Olševskio ir Z. Vrublevskio draugija, Lenkija, 2016 m.). Vadovavau 23 tarptautiniams ir nacionaliniams mokslinams projektams.

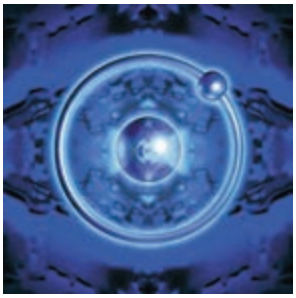
Norisi paminėti, kad pirmą kartą informacija apie visus cheminius elementus lietuvių kalba yra susisteminta viename leidinyje. Knygoje yra daug iliustracijų. Dauguma jų yra sukomponuotos iš atskirų laisvai prieinamų paveikslų internete. Publikuodamas šią knygą nesiekiu sau jokios finansinės naudos. Knyga nebus pardavinėjama, bet dalijama bibliotekoms, moksleiviams, rėmėjams ir visiems besidomintiems. Vargu ar kas nors ją skaitys kaip vientisą kūrinį. Knygoje skaitytojas galės surasti žinių apie tuo metu jį dominantį cheminį elementą. Tai lyg nedidelė enciklopedija ar žinynas apie cheminius elementus, iš kurių sudarytas visas mūsų Pasaulis, iš kurių esame sudaryti ir mes.

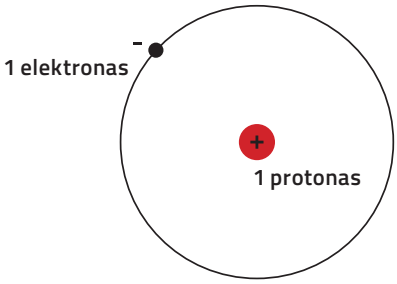


NUOSTABUSIS
CHEMINIŲ
ELEMENTŲ
PASAULIS

# 1. Vandenilis (H)

1
H
1,008






**1 pav.** Vandenilis yra pats paprasčiausias elementas – aplink jo branduolį skrieja vienas elektronas

Vandenilis yra pats paprasčiausias elementas – pirmasis periodinės elementų sistemos elementas, turintis tris izotopus.

Vandenilis yra lengviausias ir labiausiai paplitęs elementas visatoje. Gamtoje jis natūraliai randamas trijų izotopų (protis – H, deuteris – D ir tritis – T) mišinio pavidalu. Gaunamas iš vandenilio turinčių junginių. Kaupiant vandenilį iš konteinerio reikia pašalinti visą orą, nes vandenilio mišinys su deguonimi aukštesnėje temperatūroje sprogsta. Elektrolizuojant vandenį gaunamas labai grynas vandenilis:

$$2H_2O \Longrightarrow 2H_2 + O_2.$$

Vandenilį 1776 m. atrado britas Henry'is Cavendishas (1731–1810) (Kembridžo universitetas). Vandenilio dujos ($H_2$) yra dviatomės, bespalvės ir bekvapės, mažai tirpios vandenyje. Nėra nuodingos. Trumpą laiką kvėpuojant oro ir vandenilio mišiniu susilpnėja balsas, paaukštėja jo tonas. Geras šilumos laidininkas (apie penkis kartus geresnis laidininkas nei oras).

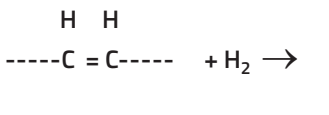
**2 pav.** Henry'is Cavendishas

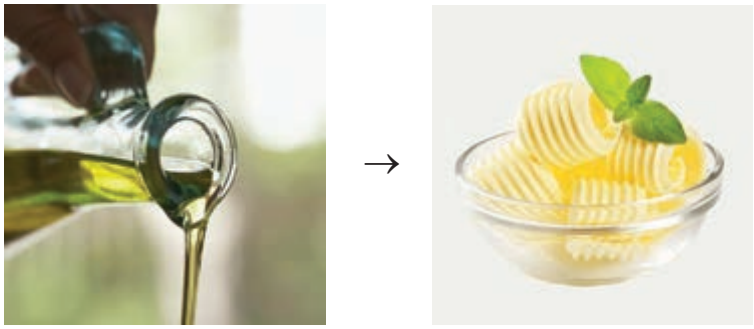
1
H
1,008

**3 pav.** Trys vandens būsenos: dujos (debesys), skystis (vanduo vandenyne) ir kieta medžiaga (ledas)

Vandenilis sudaro junginius su daugeliu kitų elementų ($NH_3$, $H_2O$, $CH_4$, NaH), taip pat su daugeliu jų reaguoja tiesiogiai. Vienas pagrindinių ir gyvybiškai reikalingų vandenilio junginių yra vanduo ($H_2O$). Vanduo gali būti trijų būsenų: dujos, skystis ir kieta medžiaga.

Vandenilis naudojamas išgaunant metalus iš jų rūdų, rafinuojant naftą, sintetinant amoniaką, kietinant aliejus. Naudojamas kaip atsinaujinantis kuras, jėgainėse – reaktoriams vėsinti. Tačiau reikia būti labai atsargiems, nes, kaip minėta, vandenilio ir deguonies mišinys aukštoje temperatūroje yra labai sprogus. Černobylio (Ukraina) atominės elektrinės avarija 1986 m. įvyko dėl sprogimo, kurį sukėlė užsidegęs vandenilio ir deguonies mišinys. Į aplinką buvo išmestas didelis kiekis radioaktyviųjų medžiagų. Sovietų valdžia ilgai slėpė šį avarijos faktą nuo žmonių. Tai didžiausia tokio tipo avarija visoje branduolinės energetikos istorijoje tiek pagal spėjamą žuvusių ir nukentėjusių nuo jos pasekmių žmonių skaičių, tiek pagal ekonominę žalą.



**4 pav.** Vandenilis naudojamas aliejams kietinti

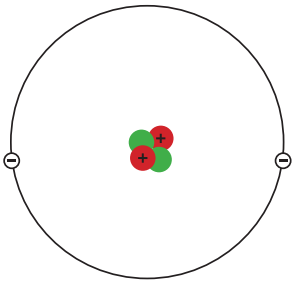
**5 pav.** Erdvėlaivio „Challenger“ katastrofa

JAV Space Shuttle erdvėlaivio „Challenger“ katastrofos, per kurią žuvo visa septynių žmonių įgula, priežastis taip pat buvo išsiveržusios karštos vandenilio ir deguonies dujos.

Du deuterio atomai gali susijungti labai aukštoje temperatūroje sudarydami helio atomą. Tokios branduolinės reakcijos metu išsiskiria didžiulis energijos kiekis (vandenilinė bomba). Jeigu tokią energiją būtų galima panaudoti taikiems tikslams, tai būtų labai grynas kuras.

2
He
4,003

# 2. Helis (He)

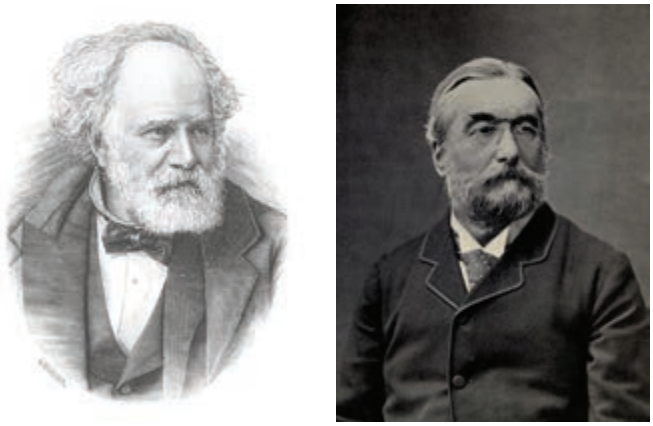


**6 pav.** Helis yra antrasis elementas periodinėje elementų sistemoje

Helis yra antrasis elementas periodinėje elementų sistemoje ir antras labiausiai paplitęs mūsų Visatoje elementas (po vandenilio). Helis yra inertiškas, bespalvis, bekvapis ir beskonis cheminis elementas, priklausantis inertinių dujų grupei.

Helio pavadinimas yra kilęs iš graikiško žodžio *helios* (saulė), nes šis elementas buvo aptiktas saulėje pagal spektrines linijas. Beveik tiek pat helio yra ir Jupiteryje, o dar vėliau helis buvo aptiktas Žemėje. Helį saulės spinduliuotės spektre 1868 m. aptiko prancūzų astronomas Pierre'as Janssenas (1824–1907). Anglų astronomas Normanas Lockyeris (1836–1920) ir chemikas Edwardas Franklandas tais pačiais metais patvirtino šį atradimą ir pavadino elementą heliu. Amerikiečių chemikas Williamas Francis Hillebrandas 1882 m. aptiko iš urano rūdos išsiskiriančias naujas dujas (helį), bet jis tuomet manė, kad tai azotas. 1895 m. britų chemikas Williamas Ramsay'us patvirtino, kad tos dujos buvo helis. Kiek vėliau helio pėdsakai buvo aptikti ir mus supančioje atmosferoje. Nors čia helio kiekis yra minimalus, jis beveik nekinta. Natūralūs radioaktyvieji virsmai, vykstantys žemėje, nuolat papildo atmosferą heliu.

Išgauti helį iš atmosferos yra labai neekonomiška. Daugiausiai (iki 7 %) jo yra gamtinėse ir iš geizerių išsiskiriančiose dujose. Ypač daug helio aptikta JAV. Jis yra gaunamas skystinant gamtines dujas. Helio virimo temperatūra, palyginti su kitų



**7 pav.** Pierre'as Janssenas ir Normanas Lockyeris

dujų, esančių gamtinėse dujose, yra pati žemiausia, todėl žeminant temperatūrą, labai lengva helį atskirti nuo kitų dujų. Galutiniame gamybos etape didžioji dalis pagaminto helio būna kriogeniniu būdu suskystintos būsenos. Parduodamas ir dujinis. Helio yra radioaktyviajame urane ir iš ugnikalnių išskiriančiose dujose. Nemažai jo rasta tyrinėjant Vezuvijų. 1882 m. helį Vezuvijaus išsiveržimo dujose aptiko italų fizikas ir mineralogas Luigi Palmieris. Helio kažkiek būna ir įvairiuose fosfatiniuose mineraluose. Juos kaitinant iki 1 000 °C, taip pat gaunamas nedidelis helio kiekis.

Normaliomis sąlygomis helis yra dujos. Tačiau jis gali būti suskystintas žemesnėje nei 50 K temperatūroje ir išlieka skystas iki 0 K. Helis beveik nereaguoja su kitais elementais. Tik neono cheminis reaktingumas yra dar šiek tiek mažesnis už helio. Labai ypatingomis sąlygomis helis gali sudaryti kelis egzotinius junginius.

Helis nėra toksiškas elementas. Neatlieka ir jokio biologinio vaidmens, nors žmogaus kraujyje aptinkami jo pėdsakai. Ilgai kvėpuodamas heliu žmogus gali pritrūkti deguonies, netekti sąmonės, pamėlynuoti. Kvėpuojant heliu tiesiai iš dujų baliono, gali būti sužaloti plaučiai. Suskystintas helis gali nudeginti, kaip ir suskystintas azotas. Prisikvėpavus helio, dėl mažo jo tankio žmogaus balsas tampa „skvarbiu". Kuo mažesnio tankio dujos supa balso stygas, tuo jos labiau virpa.

Daugiausia helis yra naudojamas aušinimui ir skraidantiems objektams užpildyti. Kadangi jis yra labai lengvas, juo užpildyti balionai kyla labai aukštai į

2
**He**
4,003

< 50 K

**8 pav.** Suskystintas helis ir suskystinto helio talpos

atmosferą. Helis yra nedegus, todėl šiam tikslui daug saugiau naudoti nei vandenilį. Anksčiau buvo naudojamos heliu užpildytos oro susisiekimo priemonės. Helio ir deguonies mišinį (80:20) patartina naudoti astma sergantiems ligoniams, taip pat narams ar povandeninio nardymo mėgėjams.

Suskystintu heliu aušinami superlaidūs magnetai, kurie yra įvairiuose branduolių magnetinio rezonanso ir kituose prietaisuose. Juo aušinami ir įvairūs

**9 pav.** Helio švytėjimas ir juo užpildyti skraidantys objektai

**10 pav.** Helis naudojamas automobilių oro pagalvių sandarumui tikrinti, suvirinimo darbams, helio-neono dujų lazeriais nuskaitomi brūkšniniai kodai

specifiniai suvirinimo darbai, deguonies ir vandenilio dujos kosminėse raketose. Dujinis helis moksliniuose eksperimentuose padeda sukurti inertinę atmosferą. Kadangi helis yra ne tik lengvos, bet ir labai skvarbios dujos, jis naudojamas nustatant aukšto vakuumo arba aukšto slėgio prietaisų ar talpų sandarumą. Nutekėjimai automobilių kondicionavimo sistemose taip pat gali būti tikrinami heliu. Po susidūrimo ar avarijos patikrai heliu užpildomos automobilių oro pagalvės. Helis skverbiasi pro kietas medžiagas tris kartus greičiau nei oras. Helio-neono dujų lazeriai naudojami brūkšniniams kodams nuskaityti prekybos centruose.

3
Li
6,941

# 3. Litis (Li)

**11 pav.** Litis yra pats lengviausias kietas cheminis elementas

**12 pav.** Johanas Augustas Arfwedsonas

Litis yra balkšvas, sidabriško baltumo, minkštas metalas. Jį lengvai galima perpjauti peiliu. Litis yra pats lengviausias kietas cheminis elementas.

1817 m. litį atrado švedų mokslininkas Johanas Augustas Arfwedsonas (1792–1841) iš Upsalos universiteto. Jis pirmasis aptiko litį druskoje ($LiAlSi_4O_{10}$). Ličio pavadinimas kildinamas iš graikiško žodžio *lithos* (akmuo). Metalinis litis pirmą kartą gautas 1855 m. leidžiant elektros srovę pro išlydytą ličio chloridą. Litis yra pakankamai retas elementas. Jo randama rūdose, kurių pavadinimai mums nėra labai girdėti: lepidolitas, ambligonitas. Gal kiek žinomesnis yra spodumenas ($Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$).

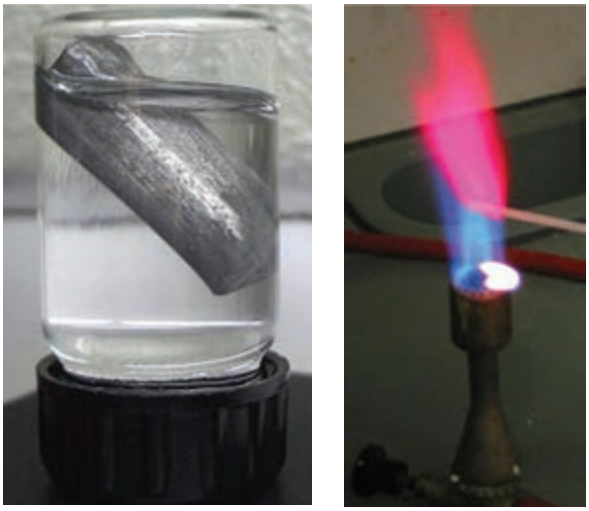
Litis ore labai reaktingas, užsidega:

$$4Li + O_2 \Longrightarrow 2Li_2O.$$

Dėl šios priežasties laikomas skystame parafine arba žibale. Tačiau tarp šarminių metalų, esančių pirmoje grupėje, yra mažiausiai reaktingas. Litis liepsną nudažo labai ryškia raudona spalva. Naudojamas medicinoje podagrai, psichikos ligoms (maniakinei depresijai) gydyti. Žinomos ličio jonų baterijos yra pakartotinai įkraunamos. Įkraunant baterijas ličio jonai juda nuo neigiamo elektrodo link teigiamo ir atgal.

Populiarūs ličio hidrido elementai yra naudojami kompiuteriuose bei kituose elektroniniuose įrenginiuose.

**13 pav.** Ličio turintys mineralai (lepidolitas, ambligonitas, spodumenas)



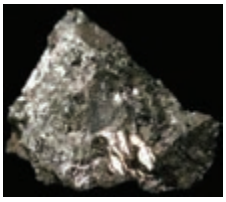
**14 pav.** Litis laikomas skystame parafine arba žibale, ličio jonai liepsną nudažo labai ryškia raudona spalva

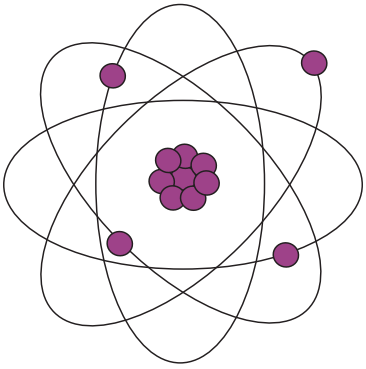
3
**Li**
6,941

**15 pav.** Ličio baterijos

# 4. Berilis (Be)

4
Be
9,012





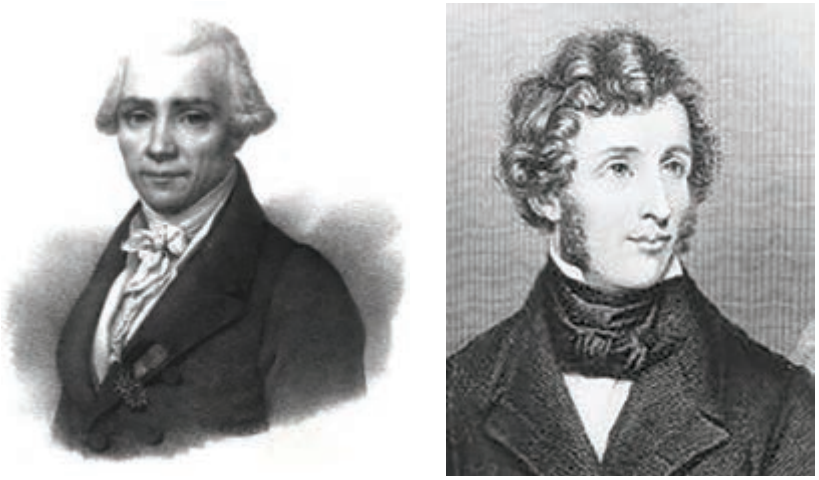
**16 pav.** Berilis yra labai retas elementas

Berilis yra labai retas, kietas, blizgantis, šarminių žemių metalas. Jis yra puikus šilumos laidininkas.

Berilį 1797 m. atrado Louis-Nicolas Vauquelinas (1763–1829, Prancūzija) mineralo berilo ($Be_3Al_2(SiO_3)_6$) atmainoje smaragde. Pavadinimą „berilis“ pasiūlė vokiečių mokslininkas Friedrichas Wöhleris (1800–1882), kuris 1828 m., dirbdamas Jönso Jacobo Berzelio laboratorijoje Stokholme, pirmasis išskyrė elementinį metalinį berilį. Elemento pavadinimas gali būti indiškos kilmės, greičiausiai kilęs nuo mineralo berilo, o pastarasis – nuo Indijos miesto Veluro.

Berilis randamas tik kartu su kitų elementų mineralais berile, akvamarine, smaragde. Išgaunamas iš mineralų ir rūdų sudėtingais cheminiais procesais. Galutinis berilio gavimo etapas – $BeCl_2$ lydalo elektrolizė. Berilis gerai tirpsta druskos rūgštyje ir šarmuose. Reaguoja su deguonimi:

$$2Be + O_2 \Longrightarrow 2BeO.$$



**17 pav.** Louis-Nicolas Vauquelinas ir Friedrichas Wöhleris

**18 pav.** Mineralai, kuriuose yra berilio

Berilis ir jo junginiai yra toksiški. Kai kurios berilio druskos yra saldžios, todėl anksčiau berilis buvo vadinamas gliuciniu (gr. *glykys* – saldus). Berilio dulkės gali sukelti chroniską alergiją – beriliozę. Ja dažnai serga aviacijos, elektronikos,

branduolinės energetikos darbuotojai. Nors berilis yra labai retas elementas, jis plačiai taikomas įvairiose gyvenimo srityse.

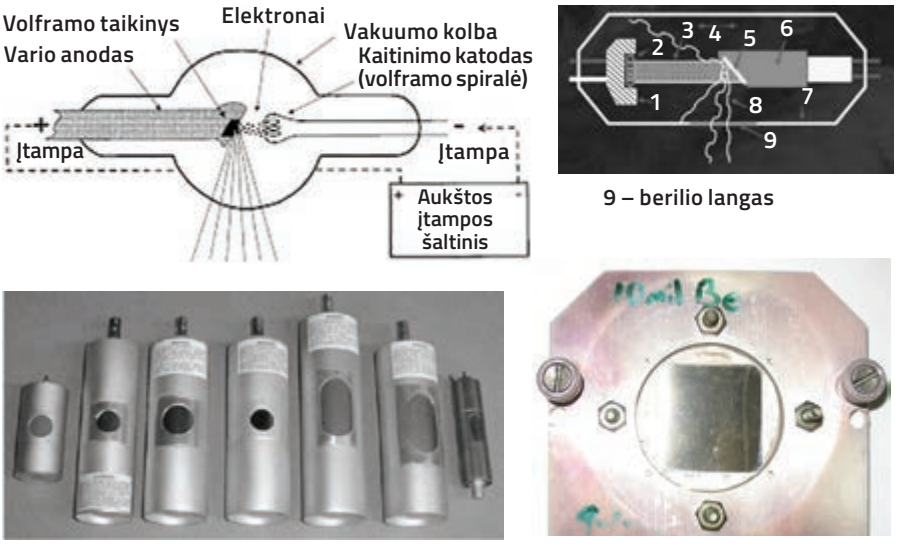
Berilio turintys lydiniai yra ypač tvirti, atsparūs korozijai ir abrazyviniam dilimui, elastingi, plastiški ir lengvi. Jie labai brangūs, todėl naudojami tik aviacijoje ar tiksliuosiuose mechanizmuose. Technikoje naudojamos laidžios elektrai berilio-vario bronzos, kurios pasižymi aukštu atsparumu tempimui. Iš jų daromos

**19 pav.** Berilis naudojamas aviacijoje, kariniuose radaruose

**20 pav.** Berilio-vario bronzos gaminiai ir berilio lydinys su aliuminiu

laikrodžių ir kitų prietaisų spyruoklės, kokybiški reguliuojamieji veržliarakčiai. Berilis sudaro lydinius su nikeliu, aliuminiu ir kitais metalais. Kai kurių Mercedes-Benz automobilių varikliai yra su berilio-aliuminio lydinio stūmokliais.

Berilis naudojamas rentgeno spindulių generavimo vamzdeliuose. Iš jo gaminami vamzdelių ir radioaktyvumo detektorių langai, pro kuriuos išeina arba įeina rentgeno spinduliai, t. y. berilis visiškai nesugeria rentgeno spinduliuotės.




**21 pav.** Rentgeno spinduliuotės generavimo vakuume sistemos, radioaktyvumo detektoriai su berilio langais ir berilio langas, pro kurį į tiriamąją medžiagą patenka rentgeno spinduliuotė

Kai kurių raketų reaktyvinės tūtos yra padarytos iš gryno berilio. Berilis naudojamas giroskopams (prietaisas, skirtas sukimuisi surasti) ir girokompasams (prietaisas, rodantis laivo ir lėktuvo kursą) gaminti. Berilis yra nemagnetinis metalas, t. y. negali būti įmagnetintas, todėl iš jo pagaminti įrankiai naudojami karo pramonėje, galinguose kariniuose radijo ryšio radaruose.

Dideli berilio veidrodžiai naudojami meteorologiniuose satelituose, teleskopuose, o mažesni – gaisro kontrolinėse sistemose. Naujos kartos teleskope yra 18 heksagoninių paauksuotų berilio veidrodžių. Berilis naudojamas branduolinėje

**22 pav.** Raketų reaktyvinės tūtos, padarytos iš berilio, giroskopai ir girokompasas

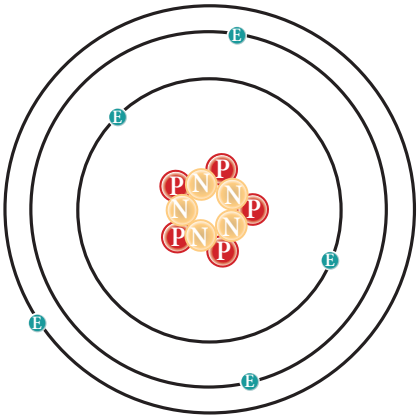
energetikoje kaip neutronų lėtiklis ir neutronų veidrodžiams gaminti; dar jis naudojamas kaip neutronų šaltinis (bombarduojamas alfa dalelėmis):

$$^{9}Be_{4} + {}^{4}He_{2} \Longrightarrow {}^{12}C_{6} + {}^{1}n_{0}.$$

**23 pav.** Berilio veidrodžiai, naudojami meteorologiniuose satelituose, ir naujos kartos teleskopas

5
B
10,811

# 5. Boras (B)




**24 pav.** Boras yra tipiškas nemetalas

Boras pasižymi metališkomis ir nemetališkomis savybėmis. Kažkiek jis yra panašus į anglį.

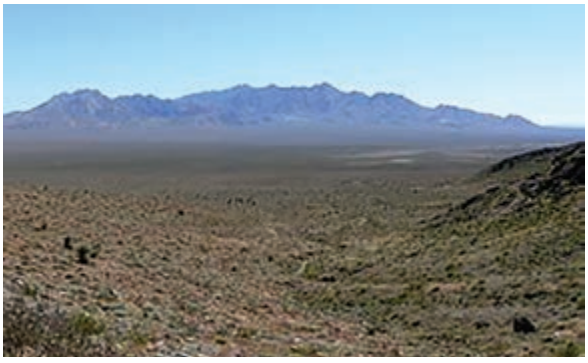
Boras pavadintas pagal mineralo, seniausiai žinomo boro junginio borakso, pavadinimą. Borakso glazūra ir stiklas buvo naudojami senovės Kinijoje ir antikinėje Romoje. Pirmieji borą iš boro rūgšties ($H_3BO_3$) 1808 m. izoliavo trys mokslininkai: prancūzai Josephas Louis Gay-Lussacas (1778–1850) ir Louis-Jaques'as Thenard'as (1777–1857) bei britas seras Humphry'is Davy'is (1778–1829). Kad tai naujas elementas, 1824 m. įrodė Jönsas Jakobas Berzelius.

Gamtoje boras aptinkamas tik junginiuose. Žemėje boro gausu natrio tetraborato (borakso) ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) rūdoje. Didžiausios boro gamintojos yra JAV ir Turkija. Boro rūgšties kartais randama vulkanų karštosiose versmėse.

Boras išgaunamas iš borakso, boro rūgšties ir kitų boro turinčių mineralų bei boratų. Gauti gryną borą yra sudėtinga. Dažniausiai reikalinga aukšta temperatūra.

5
B
10,811

**25 pav.** Josephas Louis Gay-Lussacas, Louis-Jaques'as Thenard'as ir seras Humphry'is Davy'is



**26 pav.** Mohavių dykuma Kalifornijoje – didžiausia boro radavietė. Boro rūgšties randama ir vulkanų karštosiose versmėse. Turkijoje randama daug borakso

5
**B**
10,811

Boraksas, arba boro oksidas, ar kitos boro druskos kaitinamos su anglimi, vandeniliu ar metalais:

$B_2O_3 + 6\,K \Longrightarrow 3K_2O + 2B.$

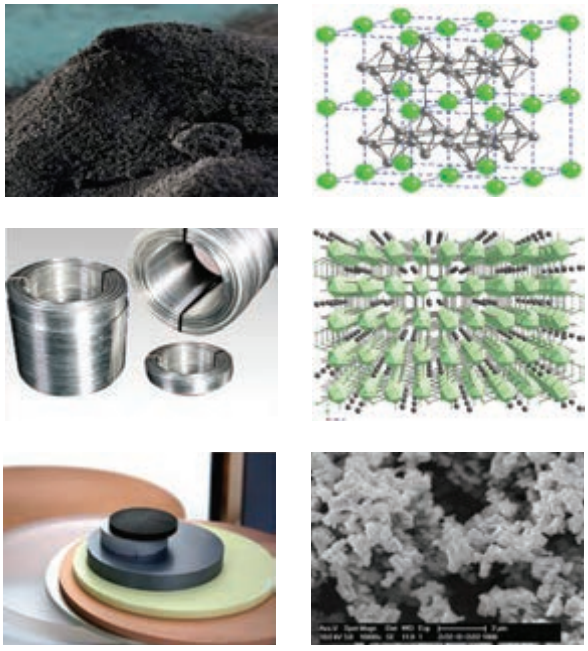
Boras yra gana inertiškas elementas. Deguonies atmosferoje dega:

$4B + 3O_2 = 2B_2O_3.$

Boras reaguoja su oksiduojančiomis rūgštimis (azoto, sieros), išlydytas reaguoja su šarmais. Aukštoje temperatūroje reaguoja su metalais. Susidaro kintamos sudėties metalų boridai:

$n\,B + Metalas = MetalasB_n.$

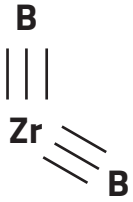
Boras pasižymi puslaidininkinėmis savybėmis. Boridai yra labai kietos ir patvarios medžiagos. Jais dengiami metalai ir jų lydiniai. Boras ir boratai nėra toksiški. Boras liepsną nudažo savita žalsva spalva, todėl naudojamas pirotechnikoje.



**27 pav.** Metalų boridai ir jų struktūros

**28 pav.** Boro nudažyta žalsva spalva, izoliacinis pluoštinis stiklas iš natrio tetraborato, termoatsparūs laboratoriniai indai iš borosilikatinio stiklo

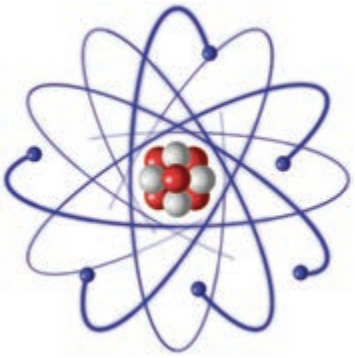
Natrio tetraboratas yra naudojamas izoliaciniam pluoštiniam stiklui gaminti, boras – borosilikatiniam stiklui gaminti. Pastarasis yra atsparus staigiems temperatūrų pokyčiams. Boro siūlai, pluoštas ir viela yra labai tvirti, todėl naudojami elektronikoje ir aerokosmonautikoje. Boro junginiai (fliusai) sumažina lydymosi temperatūras. Metalų boridai naudojami jėgainių turbinų guoliams gaminti (padidėjęs kietumas, atsparumas korozijai).



**29 pav.** Metalų boridų guoliai naudojami ir vėjo jėgainėse

6
C
12,011

# 6. Anglis (C)



**30 pav.** Anglis – šeštasis periodinės sistemos elementas

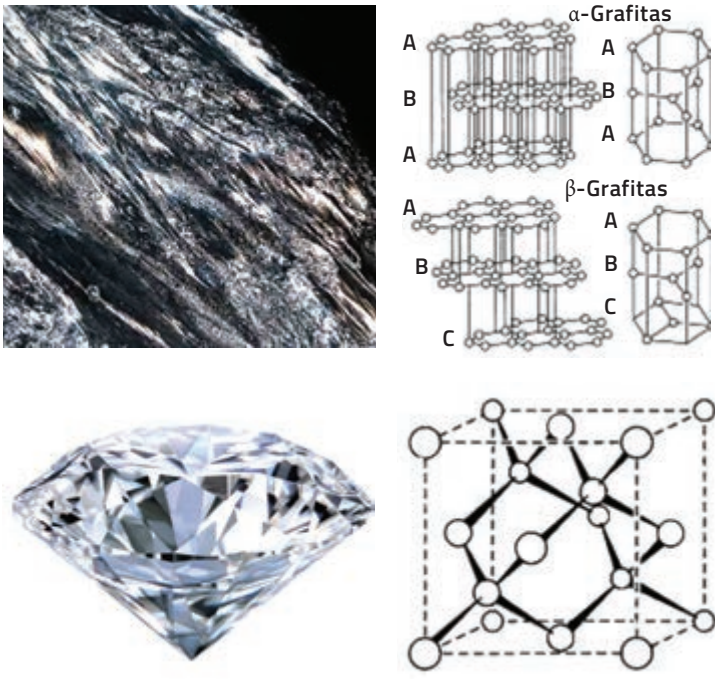
Anglis yra pagrindinė gyvybės Žemėje sudedamoji dalis. Anglies pavadinimas kilęs iš lotyniško žodžio *carbo*, kuris reiškia akmens anglys. Tai tipiškas nemetalas. Žinomi trys svarbūs natūralūs izotopai: $^{12}C$ ir $^{13}C$ yra stabilūs, $^{14}C$ yra radioaktyvus, kurio skilimo pusėjimo trukmė (pusperiodis) yra apie 5730 metų.

Anglis yra žinoma nuo senovės laikų, todėl jos atradėjas lieka neaiškus. Senovėje anglis buvo žinoma suodžių ir medžio anglies pavidalo. Deimantai irgi jau buvo žinomi Kinijoje nuo neatmenamų laikų. 1772 m. garsusis prancūzų chemikas Antoine'as Lavoisier atrado, kad deimantai yra kita anglies forma. Sudeginęs tą patį kiekį medžio anglies ir deimantų jis nustatė, kad nė vienu atveju iš jų neišsiskyrė vanduo, bet abiem atvejais išsiskyrė toks pat anglies dioksido kiekis. 1779 m. Antoine'as Lavoisier savo vadovėlyje anglį įvardijo kaip cheminį elementą.

Anglis yra neįtikėtinas elementas. Susijungus anglies atomams vienaip, jis tampa minkštu grafitu, susijungus kitaip – susidaro deimantas, pasaulyje pati

kiečiausia natūrali medžiaga. Unikalus anglies ypatumas sudaryti C-C ryšius atveria galimybes suformuoti junginius iš ilgų grandinių ir įvairių žiedų. Priklausomai nuo to, kaip anglies atomai susijungę tarpusavyje, galimos kelios anglies elemento atmainos: deimantas, grafitas, fulerenai ir kitos. Deimantas – skaidrus kristalas, labai kieta medžiaga, blogas šilumos laidininkas, dielektrikas. Terminas „deimantas“ kilęs iš graikų kalbos žodžio *adamas* (nenugalimas). Anglies atomai deimante tarpusavyje susijungę tetraedriškai.



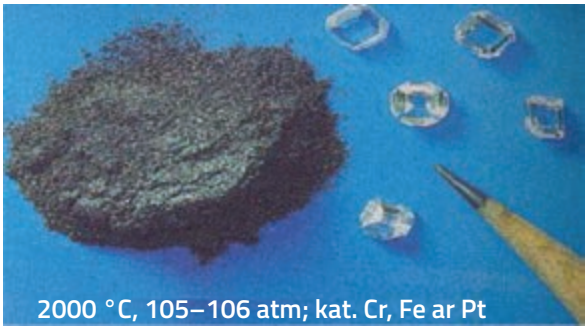



**31 pav.** Grafitas ir jo kristalinė sandara (viršuje) bei deimantas ir jo kristalinė sandara (apačioje)

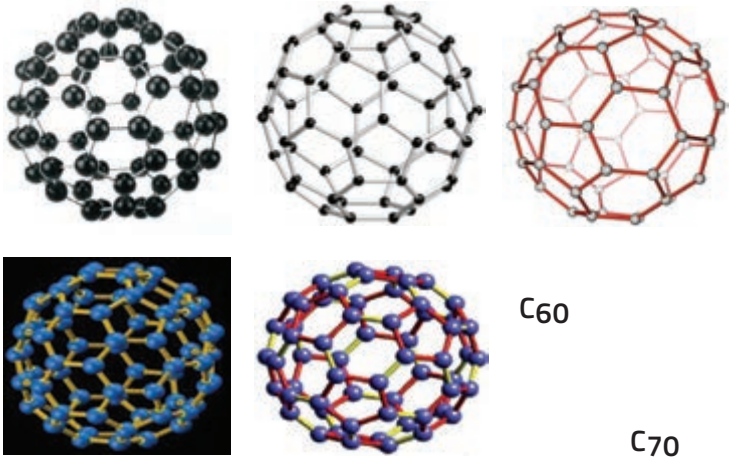
Grafitas yra stabiliausia anglies atmaina. Tai tamsiai pilkos spalvos, rieboka, minkšta, kristalinė medžiaga. Jis geras šilumos ir elektros laidininkas. Terminas „grafitas“ kilęs iš graikų kalbos žodžio *graphein* (rašyti) ir atspindi jo savybę palikti tamsų ženklą įtrynus jį į paviršių. Grafitui yra būdinga sluoksninė struktūra, jis

6
C
12,011

pasižymi geromis lubrikacinėmis savybėmis. Kadangi grafitas yra stabilesnis už deimantą ir pasižymi atviresne kristaline sandara, paversti jį deimantu galima keliant temperatūrą ir didinant slėgį. Nedideli deimantai yra gaunami grafitą kaitinant 2 000 °C temperatūroje, esant 105–106 atm. slėgiui, ir katalizatoriumi naudojant Cr, Fe ar Pt metalus. Fulerenai yra sintetinė kristalinė medžiaga, turinti grafito tipo struktūrą, tačiau jie, be plokščių šešiakampių žiedų, gali būti sudaryti iš penkiakampių ir kitokių anglies žiedų. Vieną fulereno molekulę sudaro 60 arba 70 anglies atomų ($C_{60}$ arba $C_{70}$), kurie kartu suformuoja struktūrą, panašią į futbolo kamuolį. Anglies plokštuminiai žiedai gali būti susukti ne tik į rutulius, bet ir į elipses ar cilindrus. Modifikuoti fulerenai pasižymi superlaidžiomis savybėmis.




**32 pav.** Grafitas gali būti paverstas deimantu



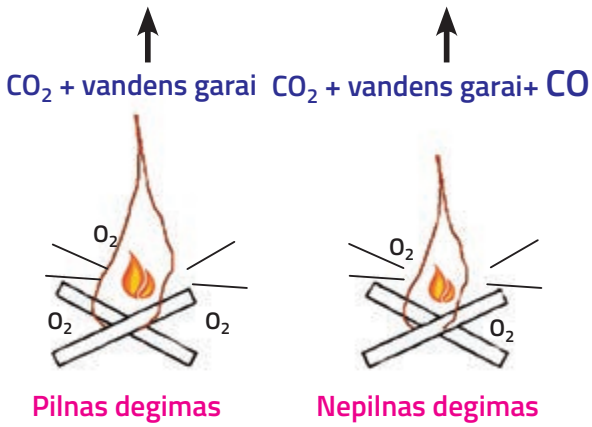

**33 pav.** Fulerenai

Gamtoje anglis randama elementinė. Pagrindinės anglies kristalinės formos gamtoje yra deimantas ir grafitas. Įvairūs jos junginiai randami gyvuose organizmuose, akmens anglyje, gamtinėse dujose, naftoje, atmosferoje ($CO_2$) ir daugelyje mineralų (kalcite, kreidoje, klintyje ir marmure ($CaCO_3$), magnezite ($MgCO_3$), dolomite ($CaMg(CO_3)$). Koralai ir moliuskų kriauklės irgi sudaryti beveik iš grynо kalcio karbonato. Grafitizuoti suodžiai, arba amorfinė anglis, susidaro degant organiniams junginiams, kai trūksta deguonies. Suodžiai pasižymi dideliu poringumu. Kuo jis didesnis, tuo didesnis anglies savitasis paviršius, tuo geresnės adsorbcinės savybės, dėl kurių ji panaudojama filtruose. Anglies poros (akutės) dažnai būna užterštos pašalinėmis medžiagomis ir tai pablogina jos adsorbcines savybes. Norint šias savybes pagerinti, anglis „aktyvinama“ – dažniausiai vandens garų srovėje.

Šiuo metu yra susintetinta per 10 milijonų įvairių anglį turinčių junginių. Didesnė jų dalis priklauso organinės chemijos sričiai. Anglis reaktinga tik aukštoje temperatūroje. Pavyzdžiui, reaguodama su metalais sudaro karbidus – kietas, abrazyvines medžiagas:

$$4Al + C \rightarrow Al_4C_3.$$

Kai medžiaga, turinti anglies ir vandenilio, dega iki anglies dioksido ir vandens ir nesusidaro kitos anglies turinčios medžiagos, reakcija vadinama visišku (pilnu) degimu. Esant aukštai temperatūrai bei deguonies trūkumui krosnyje degančios medžiagos oksiduojasi ne iki galo. Kai deguonies trūksta, susidaro anglies




**34 pav.** Pilnas ir nepilnas degimas

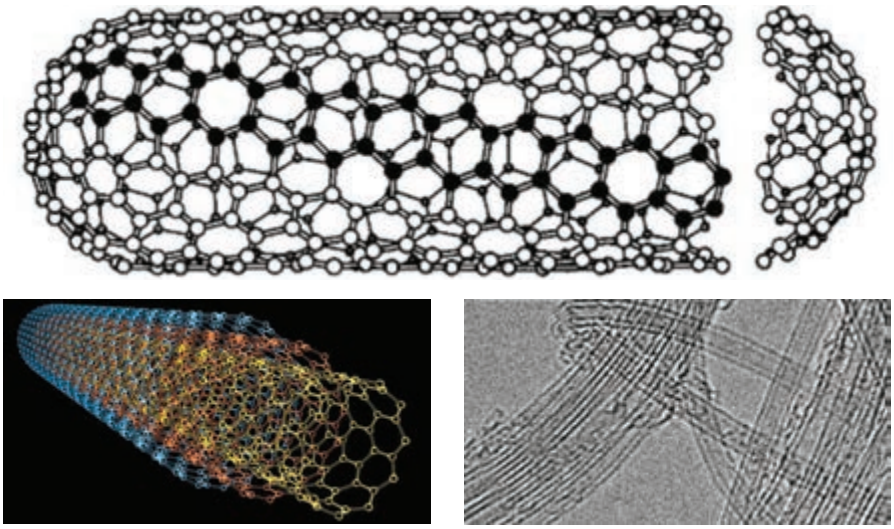
monoksidas. Anglies monoksidas yra bespalvės, bekvapės, beskonės, degios, lengvesnės už orą ir labai toksiškos dujos. Anglies monoksidas (CO), arba smalkės, – dujos, pražudžiusios daug daugiau žmonių nei kuris nors kitas nuodas. Dažniausiai – atsitiktinai. Kartais smalkės yra vadinamos tyliuoju žudiku. Sąlygos CO susidaryti atsiranda, pavyzdžiui, per anksti užstūmus krosnies sklendę. Daug CO į atmosferą išmeta automobilių transportas.

Žmogų, apsinuodijusį anglies monoksidu, būtina kuo greičiau išnešti į gryną orą. CO užblokuoja deguonies patekimą iš plaučių į širdį, raumenis, smegenis. Viskas, kas dega ar pūva, gamina CO.

Ganėtinai panašią į fulerenų erdvinę sandarą turi ir įvairios anglies nanostruktūros. Labai unikaliomis fizikinėmis savybėmis pasižymintys anglies nanovamzdeliai yra naudojami įvairiose pramonės šakose.

Iškastinis kuras – akmens anglys, nafta, dujos – yra išgaunamas iš žemės gelmių. Tai pagrindinis anglies ir jos junginių panaudojimas. Šios rūšies kuras vadinamas neatsinaujinančiuoju, baigtiniu kuru. Jis yra susidaręs per milijonus metų iš žuvusių augalų ir gyvūnų. Akmens anglis slūgso įvairaus storio klodais gylyje iki 2,5 km. Labai retai ji randama prie žemės paviršiaus. Kasmet sudeginama apie

**35 pav.** Anglies monoksidas – baisus nuodas. Apsinuodijimo anglies monoksidu požymiai



**36 pav.** Anglies nanovamzdelių sandara

5 000 mln. tonų anglies. 75 % šio akmens anglies kiekio sunaudojama elektros gamybai (išgaunama apie 30 % pasaulio elektros energijos).

Anglis yra beveik visų polimerinių medžiagų sudėtyje. Medžiagos, kuriose yra labai ilgos grandinės su tuo pačiu besikartojančiu struktūriniu vienetu, pvz., $-CH_2-$, yra polimerai. Polietilenas yra pats paprasčiausias organinis polimeras:

$$(-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-)_n.$$

Anglis ir jos gamtiniai junginiai – svarbus energijos šaltinis ir chemijos pramonės žaliava. Anglis naudojama lydiniuose su metalais. Plienas yra geležies ir anglies lydinys, kuriame yra iki 2 % anglies ir dar kitų metalų arba silicio. Kai pliene esama daugiau anglies, lydinys būna stipresnis, bet trapesnis ir sunkiau suvirinamas. Ketus irgi yra geležies ir anglies lydinys. Iš grafito gaminami elektrodai, raketinių variklių antikorozinės dangos, grafito plastikai, šerdelės pieštukams. Pieštuko grafitas yra maišomas su klijais. Kuo daugiau klijų, tuo kietesnis pieštukas.

Iš deimanto gaminami juvelyriniai dirbiniai, gręžimo įrankiai. Anglies suodžiai naudojami kosmetikoje ir tapyboje juodajam pigmentui gaminti, kaip užpildas – gumos gamyboje.

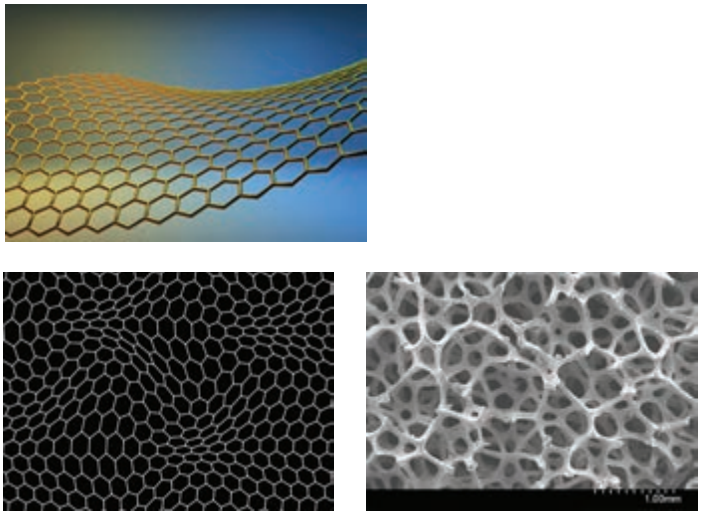
6
C
12,011

**37 pav.** Pieštukas, grafitas ir grafitiniai elektrodai

Gryna anglis nėra toksiška, todėl aktyvinta anglis naudojama filtruose vandeniui gryninti. Apsinuodijimo atveju anglis absorbuoja toksinus, nuodus arba virškinimo sistemoje esančias dujas.

2004 m. pirmą kartą buvo pagamintas grafenas. Už tai 2010 m. Mančesterio universiteto darbuotojams Andre Geimui ir Konstantinui Novoselovui skirta Nobelio fizikos premija. Grafenas – tai medžiaga, sudaryta iš vieno anglies atomų sluoksnio. Atomai išsidėstę šešiakampiame žiede taip, kaip grafite. Jei sudėtumėte grafeno sluoksnius vieną ant kito, gautumėte grafitą. Tai ploniausia kada nors dirbtiniu būdu gauta medžiaga – milijoną kartų plonesnė už žmogaus plauką. Ji taip

**38 pav.** Juvelyriniai dirbiniai su deimantais



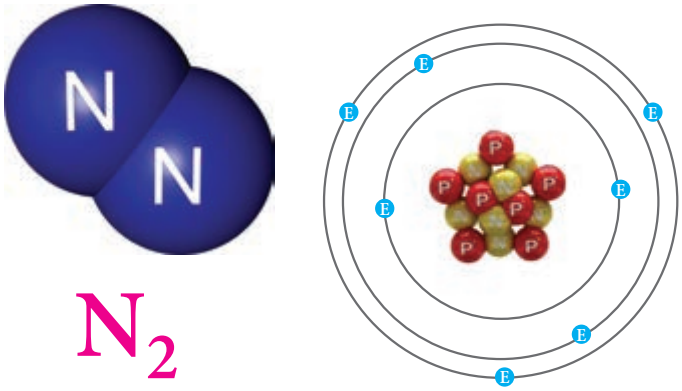
**39 pav.** Grafenas

pat yra tvirčiausia medžiaga pasaulyje (200 kartų tvirtesnė už plieną), bet nepaisant šios savybės grafenas labai lengvas (lengvesnis už orą) ir lankstus. Elektronika, aviacija, karo ir lengvoji pramonė, biomedicina – sritys, į kurias skverbiasi grafeno panaudojimas.

Anglis natūraliai atsiranda kaip $^{12}C$ izotopas, kuris sudaro beveik 99 % Visatos anglies. $^{13}C$ izotopas sudaro apie 1 %. Nors $^{14}C$ izotopas sudaro nedidelę bendro anglies kiekio dalį, jis yra labai svarbus žymint organinių objektų amžių. Šio izotopo natūraliai yra atmosferoje. Augalai jį gauna kvėpuodami, gyvūnai – kvėpuodami ir valgydami augalus ar kitus gyvūnus. Kadangi augalai ir gyvūnai po mirties daugiau $^{14}C$ izotopo negauna, archeologai ir kiti mokslininkai $^{14}C$ izotopo pusėjimo trukmę naudoja kaip laikrodį, pagal kurį gali nustatyti, prieš kiek metų mirė organizmas. Išmatavus, kiek procentų $^{14}C$ izotopo yra likę organizme palyginti su kiekiu atmosferoje, nustatomas gana tikslus jo amžius. Atmosferoje $^{14}C$ izotopo kiekis visada yra pastovus, nes dėl kosminės spinduliuotės jis nuolat susidaro. Pusė $^{14}C$ izotopo kiekio iš organizmo pasišalina per 5 730 metų. Taigi, jeigu organizme yra likę 50 % $^{14}C$ izotopo, galima teigti, kad organizmui yra 5 730 metų.

7
N
14,007

# 7. Azotas (N)




**40 pav.** Azoto atomas. Azoto molekulė yra sudaryta iš dviejų atomų

Azotas – nemetalas, gamtoje esantis inertinių dujų pavidalo. Azoto molekulė dviatomė $N_2$. Azoto dujos yra bespalvės, bekvapės ir beskonės.

Pavadinimas kilęs iš graikų kalbos žodžio *nitrogenium*, kuris reiškia „nepalaikantis gyvybės“. Azoto junginiai yra žinomi nuo senovės laikų. Alchemikai naudojo azoto rūgštį, kurią vadino „stipriu vandeniu“ (*aqua fortis*), taip pat įvairius nitratus ir amonio druskas. Azoto rūgšties ir druskos rūgšties mišinys buvo vadinamas „karališkuoju vandeniu“ (*aqua regia*) ir naudotas auksui tirpinti. Kitose kalbose azoto pavadinimas yra kildinamas iš prancūzų kalbos žodžio *nitrogen*, nes azotas buvo rastas azoto rūgštyje ir nitratuose. Azotas yra periodinės lentelės grupėje, kurios elementai dar vadinami pniktidais. Jis mažai tirpus vandenyje.

Azotą vienu metu atrado ir ištyrė keletas žinomų mokslininkų (Carlas Wilhelmas Scheelė, Henry'is Cavendishas, Josephas Priestley'is, A. Lavoisier). Iškilus prancūzas Antoine'as-Laurent'as de Lavoisier (1743–1794) 1786 m. pirmasis gavo gryną azotą.

Azotas yra pagrindinė atmosferos oro sudedamoji dalis. Ore yra apie 78 % azoto. Būdamas nereaktingas jis yra labiausiai paplitusi vieninė medžiaga (sudaryta

iš vienos rūšies atomų). Kadangi jo labai daug yra atmosferoje, azotas yra gaunamas iš suskystinto oro frakcinės distiliacijos būdu. Azoto virimo temperatūra yra apie 13 °C žemesnė nei deguonies. Jo yra amoniake, nitratuose ir kituose įvairiuose junginiuose.

**41 pav.** Antoine'as-Laurent'as de Lavoisier

Azotas įeina į amino rūgščių, baltymų, DNR ir RNR sudėtį. Taigi azotas yra svarbi organinių junginių dalis. Dėl didelio azoto poreikio gyviesiems organizmams (baltymų pavidalo) $N_2$ fiksacija iš atmosferos yra labai svarbus procesas. Azoto ciklas gamtoje apibūdina elemento judėjimą iš oro į biosferą ir organinius junginius bei vėl į atmosferą. Šis ciklas, kuriame atmosferos azotas paverčiamas skirtingais organiniais junginiais, yra vienas svarbiausių natūralių procesų gyviems organizmams palaikyti. Ciklo metu bakterijos dirvožemyje atmosferos azotą paverčia amoniaku, kuris reikalingas augalams augti. Kitos bakterijos amoniaką paverčia aminorūgštimis ir baltymais. Tada gyvūnai valgo augalus ir vartoja baltymus. Azoto junginiai grįžta į dirvožemį per gyvūninės kilmės atliekas. Bakterijos paverčia azoto atliekas atgal į azoto dujas, kurios grįžta į atmosferą.

Vienintelis gamtinis kietas azoto šaltinis yra $KNO_3$ (Čilės salietra), kurios klodai aptinkami Pietų Amerikoje.

Azotas sudaro labai daug skirtingų oksidų ($N_2O$, NO, $N_2O_3$, $NO_2$, $N_2O_4$, $N_2O_5$). NO ir $NO_2$ yra labai nuodingi, daug jų į atmosferą patenka iš transporto priemonių. Šie oksidai atmosferoje yra rūgščių lietų susidarymo priežastis. $N_2O$, dar vadinamas linksminančiomis dujomis, buvo naudojamas anestezijoje.

Azoto dujos yra inertinės, beveik nedalyvauja cheminėse reakcijose. Tam tikromis sąlygomis jos reaguoja su vandeniliu ir susidaro amoniakas:

$$3H_2 + N_2 \Longrightarrow 2NH_3.$$

7
N
14,007

**42 pav.** Čilės salietra

Reaguodamas su metalais azotas sudaro nitridus:

$$3Mg + N_2 \Longrightarrow Mg_3N_2.$$

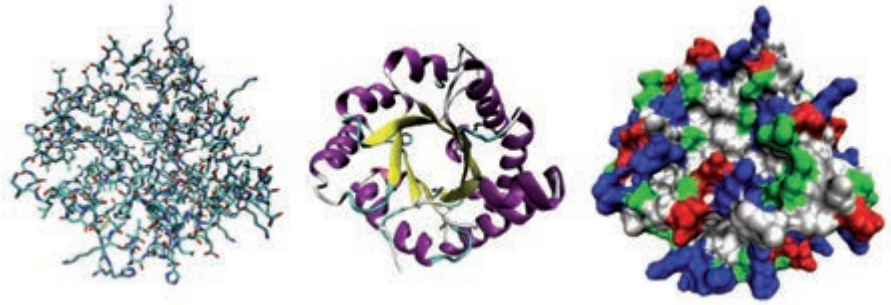
Daugiausia azotas yra naudojamas amoniako sintezei, o pastarasis – azoto rūgšties ir azoto trąšų gamyboje. Kartais azotas naudojamas transporto priemonių padangoms užpildyti. Kai procesams vykti trukdo deguonis ir drėgmė, azoto dujos naudojamos inertinei atmosferai sukurti tiek pramonėje, tiek laboratorijoje. Suskystintas azotas naudojamas medicinoje, šaldymo sistemose, į jį panardinami

**43 pav.** Linksminančios dujos naudojamos medicinoje

ir transportuojami maisto produktai, išsaugomos reprodukcinės ląstelės (spermatozoidai ir kiaušialąstės), fermentai ir kiti biologiniai mėginiai (kraujas, kaulų čiulpai, audinių ląstelės, bakterijos). Skystas azotas taip pat yra naudingas kriogeniniuose tyrimuose.

Azoto junginiai yra labai svarbūs mūsų gyvenime. Mūsų kūno masėje yra apie 2,6 % azoto. Manoma, kad apie 20 amino rūgščių yra būtinos žmogaus organizmui. Baltymai – iš aminorūgščių sudarytos didelės molekulės. Baltymai įeina į ląstelių ir audinių sudėtį, jie padeda reguliuoti organizmo veiklą, kovoti su infekcijomis, dalyvauja sudėtingose biocheminėse reakcijose ir pan.

**44 pav.** Dujinis ir suskystintas azotas



**45 pav.** Baltymų struktūros

Azotas yra pagrindinis trąšų (salietrų) komponentas. Lietuvoje svarbiausia azotinių trąšų gamintoja yra AB „Achema“. Azotas yra gyvybiškai svarbus Žemės elementas. Azoto junginių yra organinėse medžiagose, maisto produktuose, trąšose, sprogstamosiose medžiagose ir nuoduose. Nors azotas yra gyvybiškai svarbus, jo perteklius gali būti ir žalingas aplinkai. Nitratai yra labai reikalinga trąša, tačiau dideli nitratų kiekiai gali būti kenksmingi žmogaus sveikatai. Bakterija, esanti nesteriliuose kūdikių induose ar vaiko skrandyje, nitratus paverčia į nitritus:

$NO_3^- \rightarrow NO_2^-$.

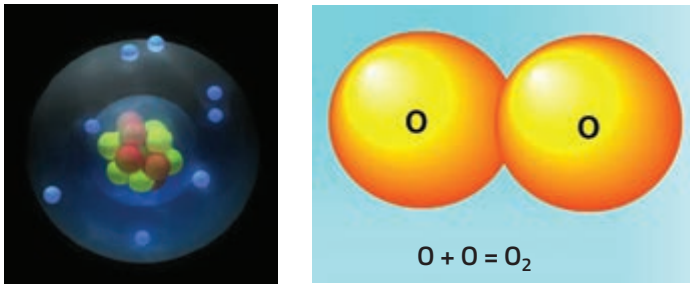
Nitritai sąveikauja su hemoglobinu kraujyje ir neleidžia tinkamai įsisavinti deguonį ir jį pernešti į kūno ląsteles.

Azoto dujos dalyvauja susidarant Šiaurės pašvaistėms. Jos matomos Arkties ir Antarkties regionuose, kai greitai judantys elektronai iš kosmoso susiduria su deguonimi ir azotu mūsų atmosferoje.

**46 pav.** Šiaurės pašvaistės

# 8. Deguonis (O)

8
O
15,999




**47 pav.** Deguonis – dviatomės dujos, pats svarbiausias cheminis elementas

Deguonis – pats svarbiausias cheminis elementas. Tai – bespalvės ir bekvapės dujos. Deguonis egzistuoja dviatomių molekulių pavidalo ($O_2$) ir turi tik dvi dujines alotropines atmainas: deguonis ($O_2$) ir ozonas ($O_3$).

Su deguonies atradimu istoriškai yra siejami keli mokslininkai. Lenkų alchemikas, filosofas ir gydytojas Michaelis Sendivogius 1604 m. apibūdino ore esančią medžiagą kaip *cibus vitae* (gyvybės maistas). Ir ši medžiaga yra identiška deguoniui. Tačiau šį M. Sendivogiaus atradimą neigė mokslininkų ir chemikų kartos. Dažnai teigiama, kad deguonį pirmą kartą atrado švedų vaistininkas Carlas Wilhelmas Scheelė (1742–1786). Apie 1775 m. jis gavo deguonies dujas, šildydamas gyvsidabrio oksidą ir įvairius nitratus:

$2HgO \Longrightarrow 2Hg + O_2$.

Tas dujas jis vadino „ugnies oru“, nes tai buvo vienintelis žinomas reagentas, palaikantis degimą. Tuo pačiu metu britas Jozephas Priestley'is (1733–1804) atliko labai panašius eksperimentus. Jis pastebėjo, kad išsiskiriančios dujos suintensyvina žvakės degimą, ji dega šviesiau, kad pelė buvo aktyvesnė ir ilgiau gyveno kvėpuodama šiomis dujomis. Šias dujas jis išbandė pats ir rašė, kad jausmas plaučiuose buvo panašus kaip ir kvėpuojant oru, tik buvo lengviau kvėpuoti.

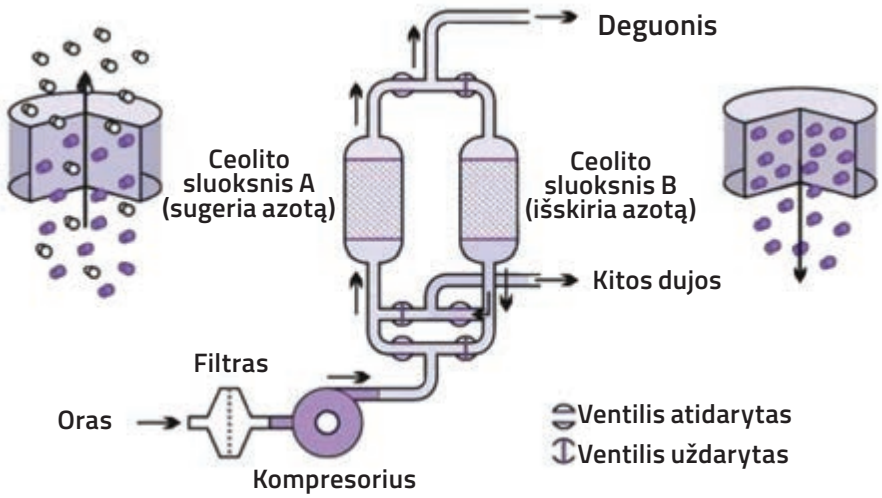
8
O
15,999

**48 pav.** Carlas Wilhelmas Scheele'ė ir Jozephas Priestley'is

Prancūzų chemikas Antoine'as Laurent'as Lavoisier vėliau teigė, kad jis savarankiškai atrado deguonį – naują medžiagą. 1774 m. spalio mėn. J. Priestley'is lankėsi pas A. L. Lavoisier ir papasakojo jam apie savo eksperimentą ir naujas dujas. Be to, C. W. Scheele'ė 1774 m. rugsėjo 30 d. išsiuntė laišką A. L. Lavoisier, kuriame aprašytas jo nežinomos medžiagos atradimas. Tačiau A. L. Lavoisier niekada nepripažino šio atradimo (laiško kopija surasta tarp Scheele'ės daiktų po jo mirties). 1777 m. jis šias dujas pavadino deguonimi pagal graikiškus žodžius *oxys* (rūgštis, rūgščių skonio) ir *genes* (gamintojas), t. y. „rūgštis sudarantis". Jis klaidingai tikėjo, kad deguonis buvo visų rūgščių sudedamoji dalis.

Deguonis sudaro apie 21 % (tūrio) Žemės atmosferos ir yra trečiasis pagal paplitimą Visatoje cheminis elementas. Žemės plutoje deguonies randama įvairių junginių sudėtyje: vandenyje, klintyse, kvarce, silikatuose ir kituose mineraluose. Deguonies yra tūkstančiuose įvairiausių organinių junginių. Tarp svarbiausių organinių junginių, kuriuose yra deguonies, yra alkoholiai (R-OH), eteriai (R-O-R), ketonai (R-CO-R), aldehidai (R-CO-H), karboksirūgštys (R-COOH), esteriai (R-COO-R) ir kiti (čia „R" yra organinė grupė). Visos Žemės plutos masės deguonis sudaro apie 49 %, t. y. beveik pusę. Deguonis sudaro du trečdalius žmogaus kūno masės, devynias dešimtąsias vandens masės.

Dideliais kiekiais deguonis yra gaunamas iš suskystinto oro (apie šimtą milijonų tonų kasmet). Kadangi skysto azoto virimo temperatūra yra žemesnė, jis pirmas išgaruoja iš oro, palikdamas tik deguonį. Labai grynas deguonis gaunamas elektrolizuojant vandenį, bet šis procesas yra labai brangus. Vienas iš įdomesnių būdų yra




**49 pav.** Deguonies gavimo iš oro schema

orą leisti pro ceolitą, arba puslaides membranas, kurios iš oro adsorbuoja azotą ir lieka deguonis. Deguonis yra laikomas dujų balionuose, aukšto slėgio deguonies rezervuaruose, kriogeniniuose įrenginiuose ir kai kuriuose cheminiuose junginiuose.

Deguonis mažai tirpus vandenyje ir jo tirpumas mažėja kylant temperatūrai. Todėl karštomis vasaromis dėl deguonies stygiaus vandens telkiniuose gali trokšti žuvys. Be to, užterštuose vandens telkiniuose veisiasi dumbliai, kurie taip pat sunaudoja daug vandenyje ištirpusio deguonies. Tačiau padidėjęs $O_2$ tirpumas esant žemesnei temperatūrai yra labai reikšmingas vandenyno gyvavimui šiaurėje. Poliarinių vandenynų vandens tankis dėl ištirpusio didesnio kiekio deguonies yra padidėjęs.

**50 pav.** Deguonis, laikomas dujų balionuose

8
O
15,999

Aukštoje temperatūroje deguonis reaguoja beveik su visais elementais, išskyrus halogenus, inertines dujas bei azotą. Jis yra reikalingas visiems gyviems organizmams bei visiems degimo procesams. Kai suskystintas deguonis reaguoja su vandeniliu, išsiskiria didelis energijos kiekis – raketinis kuras.

Deguonis, sureagavęs su vandeniliu, sudaro vandenį, kuris yra mūsų gyvybės šaltinis. Vanduo ($H_2O$) yra svarbiausias deguonį turintis junginys.

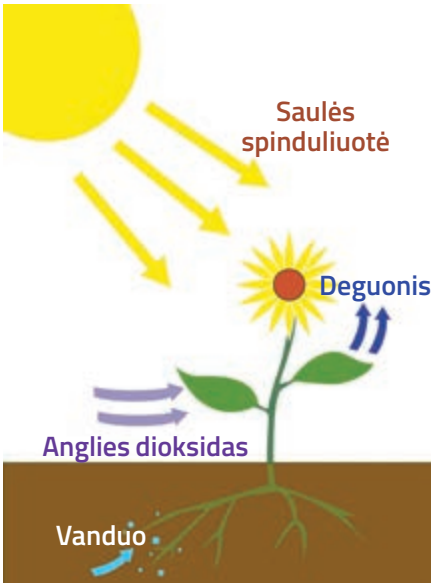
Deguonis yra vienas svarbiausių elementų fotosintezės bei kvėpavimo cikluose. Augalai iš saulės spindulių fotosintezės metu pagamina gliukozę ir deguonį:

$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2.$$

Patekęs į atmosferą deguonis naudojamas gyvybei palaikyti. Jis grįžta į atmosferą anglies dioksido pavidalu. Ir procesas kartojasi.

Ozono ($O_3$) sluoksnis Žemės atmosferoje saugo planetos paviršių nuo ultravioletinės radiacijos. Ozonas atmosferoje susidaro iš deguonies ($O_2$) veikiant saulės

**51 pav.** Suskystintas deguonis yra raketinio kuro sudedamoji dalis




**52 pav.** Augalas gamina deguonį

spinduliams ar elektros iškrovai perkūnijos metu. Jis oksiduoja beveik visus metalus ir daugumą kitų elementų. Mes nenorime, kad irtų ozono sluoksnis. Tačiau dėl atmosferos užterštumo freonais (įvairios šaldikliuose ir kitur naudojamos medžiagos) ozonas gana sparčiai virsta deguonimi, nes freonai yra reakcijos katalizatoriai:

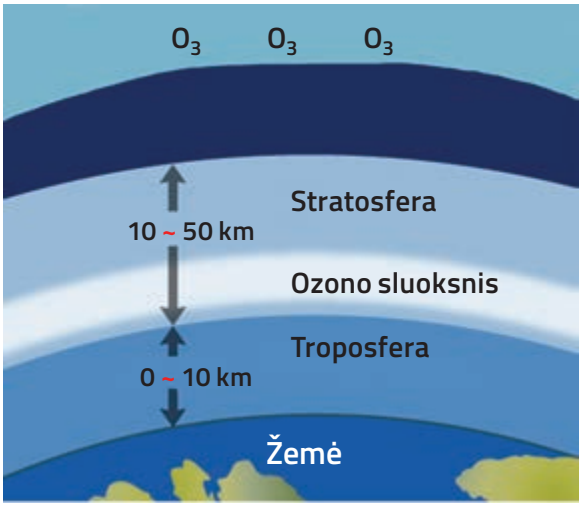
$$2O_3 \xrightarrow{HCFCl} 3O_2.$$

Komercinis deguonies dujų naudojimas plačiai taikomas plieno pramonėje. Dideli kiekiai taip pat naudojami gaminant įvairias chemines medžiagas, tarp jų ir sprogstamąsias. Deguonies dujos kartu su acetilenu naudojamos metalų suvirinimui ir pjovimui. Vis dažniau pasitelkiamas buitinių ir pramoninių nuotekų valymui. Įvairiose pramonės šakose deguonis dažnai yra degimą palaikantis komponentas.

Kai medžiaga, turinti anglies ir vandenilio, dega, t. y. reaguoja su deguonimi, susidaro anglies dioksidas ir vanduo:

$$2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O.$$

8
O
15,999




**53 pav.** Ozono sluoksnis

Deguonis naudojamas gyvybės palaikymo sistemose orlaiviuose, povandeniniuose laivuose, erdvėlaiviuose ir nardymui.

Medicinoje deguonies naudojimas vadinamas deguonies terapija. Medicininis deguonis yra gyvybiškai svarbios dujos teikiant sveikatos priežiūros paslaugas visame pasaulyje – nuo įprastinio naudojimo ir sveikatos priežiūros namuose iki skubaus medicininio plaučių uždegimo ar apsinuodijimo gydymo. Kai kuriomis ligomis sergančių pacientų išgyvenamumo trukmė gali pailgėti iki kelerių metų, jeigu jiems reguliariai bus taikoma deguonies terapija. Deguonies terapija netrukdo aktyviai gyventi. Mišinys su „linksminančiomis dujomis“ naudojamas kaip anestetikas.

**54 pav.** Deguonies dujos naudojamos metalams suvirinti ir deguonies terapijai namuose

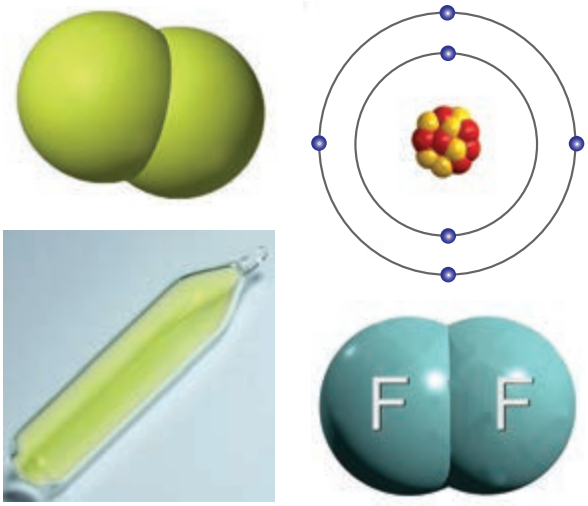
Kitas svarbus deguonies junginys su vandeniliu yra vandenilio peroksidas ($H_2O_2$). Jis naudojamas kaip oksidatorius, balinimo agentas ir priešgrybelinis reagentas. Skaidant peroksidą irgi galima gauti deguonį:

$2H_2O_2 \Longrightarrow 2H_2O + O_2$.

**55 pav.** Vandenilio peroksidas

9
F
18,998

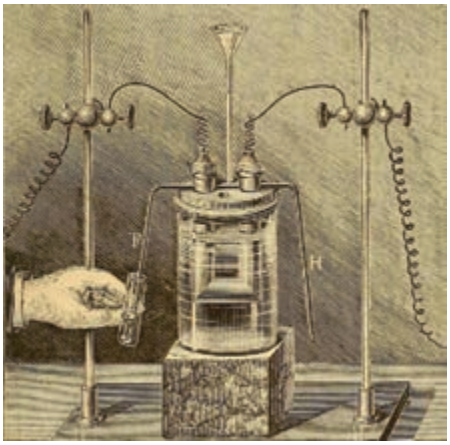
# 9. Fluoras (F)




**56 pav.** Fluoras egzistuoja dviatomių molekulių pavidalo ($F_2$)

Fluoras – pirmasis halogenų grupės cheminis elementas. Jis egzistuoja dviatomių molekulių pavidalo. Tai labai nuodingos, žalsvai geltonos, labai reaktingos dujos, galinčios sukelti rimtus nudegimus. Pirmą kartą fluoras buvo aprašytas kalcio fluorido forma 1529 m., kai vokiečių mineralogas Georgius Agricola šią cheminę medžiagą panaudojo metalams ir mineralams lydyti. Elementas pavadintas pagal atitinkamą fluoro rūgšties pavadinimą. Nors kiti šaltiniai teigia, kad fluoras pavadintas pagal pagrindinį fluoro mineralą fliuoritą.

Fluoras labai pavojingas kvėpavimo takams ir akims. 1886 m. fluorą pirmą kartą izoliavo prancūzų chemikas Henris Moissanas (1852–1907). Už šį atradimą 1906 m. jis buvo apdovanotas Nobelio chemijos premija. Fluoro junginiai jau buvo žinomi nuo XIX a. pradžios, bet niekam ilgai nepavyko išskirti laisvo fluoro. Tik H. Moissanas sugebėjo fluoro dujas ($F_2$) elektrolizės būdu gauti iš $KHF_2$, ištirpinto vandenilio fluorido (HF) rūgštyje. Iki šiol Moissano metodas yra vienintelis pramoninis $F_2$ gamybos metodas.



**57 pav.** Henris Moissanas ir jo aparatas fluorui gauti

Gamtoje fluoras randamas tik junginiuose, o daugiausia – fliuorito ($CaF_2$) minerale. Nemažai jo yra kriolite ($Na_3AlF_6$), kurio daug rasta Grenlandijoje ir kurį naudojo kaip žaliavą aliuminiui gauti.

Fluoras tiesiogiai reaguoja beveik su visais cheminiais elementais, išskyrus helį ir neoną. Reaguodamas su vandeniliu sprogsta net tamsoje ir žemoje temperatūroje. Fluoras aktyviai reaguoja su vandeniu:

$$2F_2 + 2H_2O \Longrightarrow 4HF + O_2.$$

**58 pav.** Fliuoritas (viršuje) ir kriolitas (apačioje)

9
F
18,998

**59 pav.** Dantų pastos su fluoru

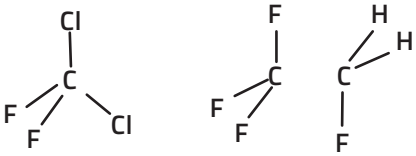
Pramonėje daugiausia naudojamas ne pats fluoras, o jo junginiai. Kalcio fluoridas tebenaudojamas plieno metalurgijoje. Iš fluoro sintetinama fluoro rūgštis HF yra naudojama įvairiems fluorintiems organiniams junginiams sintetinti. Šie junginiai yra ganėtinai termiškai stabilūs, todėl jų skysčiai naudojami šaldytuvuose, kondicionavimo sistemose, farmacijoje, gaminami fluoropolimerai. Teflonu, temperatūrai ir cheminėms medžiagoms atspariu plastiku, dengiamos keptuvės. Fluorintais polimerais padengti rūbai yra hidrofobiniai, nesugeria ir nepraleidžia drėgmės. Dažnai dantų pastų sudėtyje yra fluoro, kuris danties emalio paviršiuje gali sudaryti rūgščių poveikiui atsparesnį fluorapatitą:

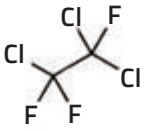
$$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2 + 2F^- \rightarrow Ca_{10}(PO_4)_6(F)_2 + 2OH^-.$$

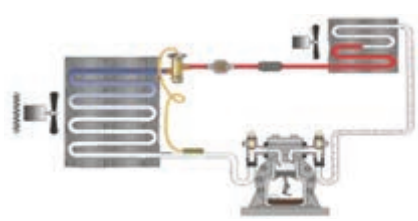
Fluorinti organiniai junginiai – freonai (pavyzdžiui, dichlorodifluorometanas, $CCl_2F_2$) – greitina ozono sluoksnio irimą. Monrealio protokole, pasirašytame 1987 m., buvo nustatyti griežti chlorfluorangliavandenilių (CFC) naudojimo reikalavimai dėl jų poveikio ozono sluoksniui.

Didžiuliai fluoro kiekiai naudojami branduolinio kuro gamyboje, sintetinant urano fluoridą ($UF_6$), urano sodrinimo procese.

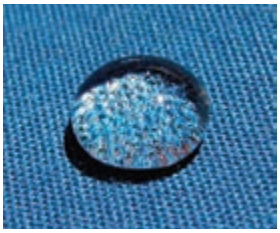
Fluoro nėra daug gyvuose organizmuose, tad jo biologinis vaidmuo nėra didelis. Tirpūs fluoro junginiai nėra labai nuodingi. Priešingai, daugelio

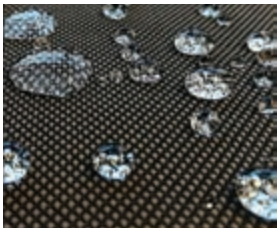


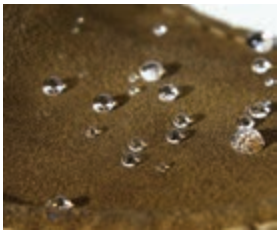


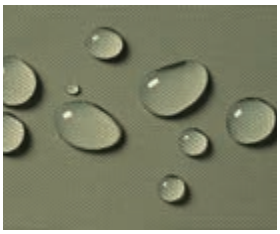



**60 pav.** Freonai greitina ozono sluoksnio irimą



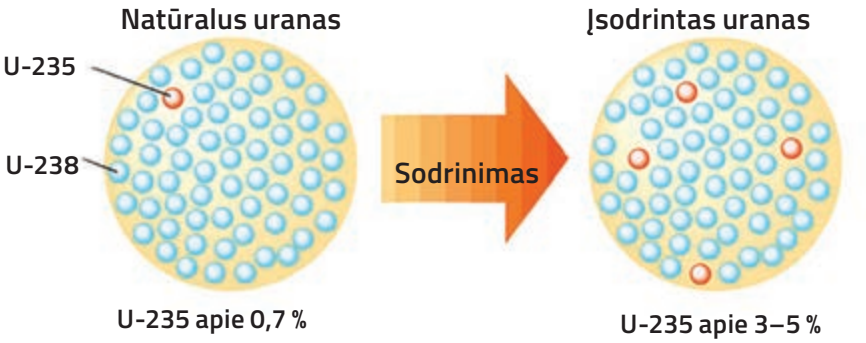






**61 pav.** Hidrofobinė tekstilė

9
F
18,998

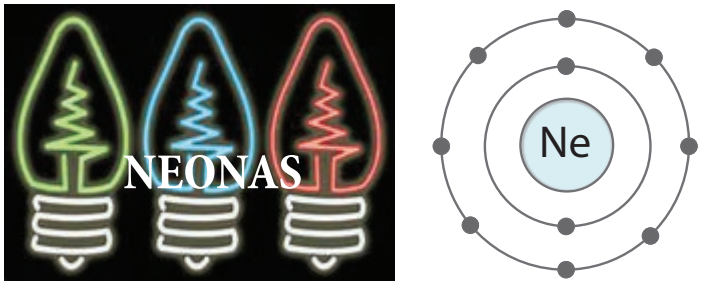



**62 pav.** Urano sodrinimas

farmacinių reagentų (manoma, kad apie 20 %) sudėtyje yra fluoro. Tai gali būti vaistai nuo astmos, mažinantys cholesterolį ar antidepresantai.

# 10. Neonas (Ne)

10
Ne
20,180




**63 pav.** Šviečiantis neonas

Neonas – cheminis elementas, priklausantis inertinėms vienatomėms dujoms. Jos yra bekvapės, beskonės ir bespalvės, bet neoninėse lempose šviečia rausvai.

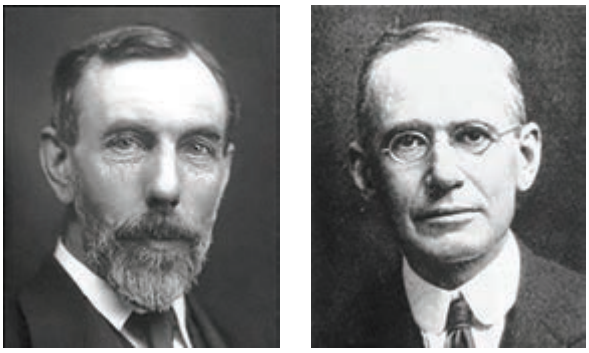
Neoną 1898 m. atrado škotų mokslininkas seras Williamas Ramsay'us (1852–1916) ir anglų chemikas Morrisas W. Traversas (1872–1961). Jie tyrinėjo suskystinto oro sudėtį ir, kaitindami suskystintą argoną, išsiskiriančiose dujose aptiko neoną. Tai buvo vienas iš pirmųjų inertinių dujų elementų, todėl ir pavadintas neonu (graikiškai *neos* – naujas). Neono yra ir vulkaninės kilmės dujose.

Nuo 1902 m. kompanija „Air Liquide" iš suskystinto oro pramoniniu būdu pradėjo gaminti neono dujas. Šis suskystinto oro frakcinės distiliacijos metodas naudojamas pramonėje ir dabar. Neonas išgaunamas iš suskystinto oro kaip paskutinė visų ore esančių dujų frakcija. Kadangi oras yra vienintelis neono šaltinis, jis yra daug brangesnis nei helis.

Elektra sužadintos neono dujos švyti rausvai oranžine šviesa. Švytėjimas stebimas, kai neonas naudojamas žemos įtampos neono švytėjimo lempose, aukštos įtampos iškrovimo vamzdeliuose ir neono reklaminiuose stenduose. Į neono išlydžio vamzdį pridėjus šiek tiek gyvsidabrio, išlydžio metu galima gauti mėlyną arba žalią spinduliuotės spalvą.

Kadangi neonas yra lengvesnis už orą, tai tiek heliu, tiek ir neonu užpildyti balionai kyla į orą, nors šiek tiek lėčiau. Neonas yra chemiškai inertinis, normaliomis

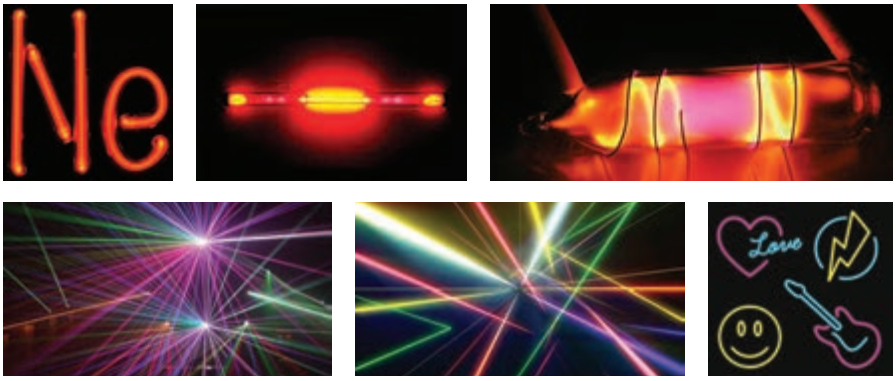
10
Ne
20,180



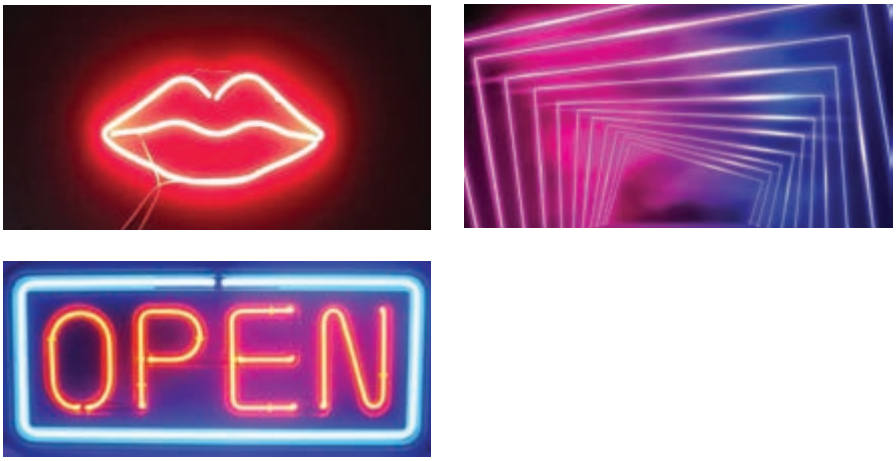
**64 pav.** Williamas Ramsay'us ir Morrisas W. Traversas

sąlygomis jo junginių nėra. Galima sakyti, kad neonas yra mažiausiai aktyvus cheminis elementas.

Dėl šių dujų švyti Las Vegasas. Yra gerai žinoma raudona helio ir neono dujinių lazerių šviesa. 1910 m. pirmą kartą pademonstruotas neoninis apšvietimas su sandariu neono vamzdeliu. 1912 m. šiuos vakuumuotus neono vamzdelius plačiai pradėta naudoti reklamoje. Neoninė plazma, esant normaliai įtampai ir srovei, iš visų inertinių dujų išskiria intensyviausią šviesą. Yra dvi gana skirtingos neoninio apšvietimo rūšys. Neoninės kaitinimo lempos paprastai būna nedidelės ir veikia esant 100–250 voltų įtampai. Jos buvo plačiai naudojamos kaip įjungimo indikatoriai ir elektros grandinėms testuoti. Šie paprastieji neoniniai prietaisai buvo




**65 pav.** Neono švytėjimas ir panaudojimas lazeriuose



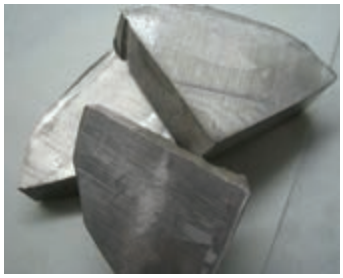

**66 pav.** Neoninės reklamos ir meno kūriniai

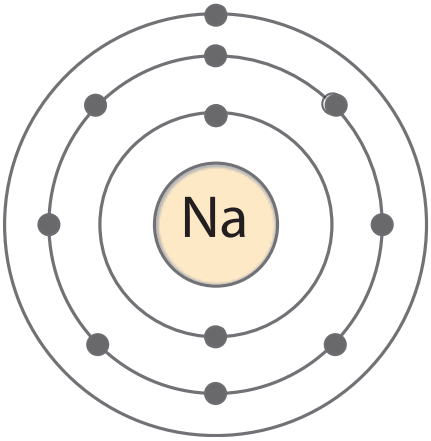
plazminių ekranų ir plazminių televizorių ekranų pirmtakai. Šviečiantys neoniniai ženklai paprastai veikia esant daug didesnėms įtampoms (2–15 kilovoltai). Šviesos stikliniai vamzdžiai dažnai yra kelių metrų ilgio ir formuojami kaip ženklai ar architektūros ir meno kūriniai.

Suskystintas neonas kartais naudojamas kaip aušinimo reagentas, tačiau jis yra apie 55 kartus brangesnis nei suskystintas helis. Kadangi neonas yra netoksiškas, jį naudojant nereikia imtis atsargumo priemonių. Vienintelė problema yra ta, kad suskystinta neono forma yra labai brangi.

11
Na
22,990

# 11. Natris (Na)



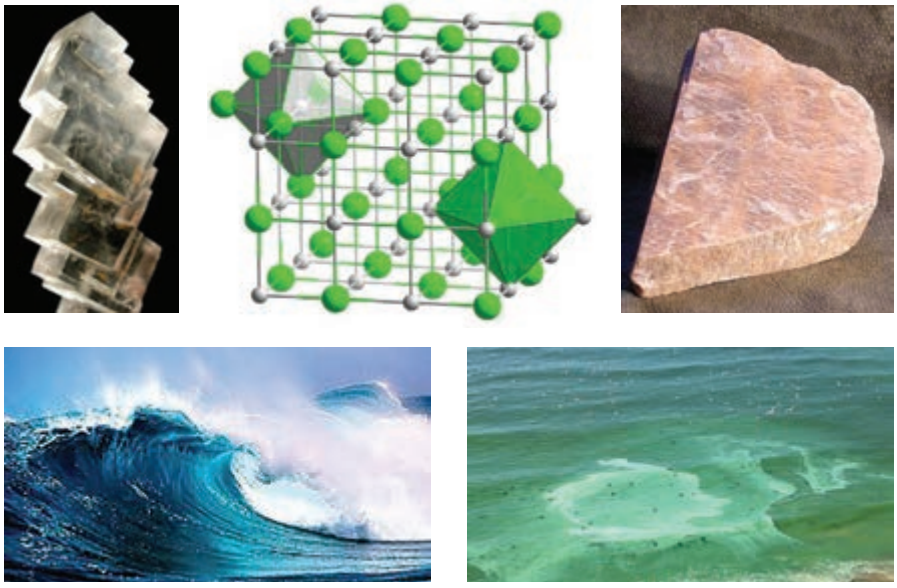



**67 pav.** Šarminis metalas natris

Natris yra šarminių metalų grupės elementas. Sidabriško baltumo minkštas metalas ore iš lėto oksiduojasi iki oksido. Lengvai perpjaunamas peiliu. Ore akimirksniu papilkėja. Lydosi 97,7 °C temperatūroje.

Natrį 1807 m. atrado anglas seras Humphery'is Davy'is (1778–1829) (Karališkoji draugija, Karališkieji institutai), elektrolizuodamas natrio hidroksidą (kaustinę sodą, NaOH). Natris – iš lotyniško žodžio *natrium* (natrio karbonatas); *neter* – soda hebrajų kalboje, *sodanum* – lotynų. H. Davy'is natrį pavadino *Sodium*, o *Natrium* pavadinimą 1813 m. pasiūlė Jönsas Jakobas Berzelius. H. Davy'is dar atrado kalį, barį, kalcį ir borą.

Natris yra gausus elementas (6-asis elementas pagal paplitimą Žemėje). Randamas keliose pagrindinėse rūdose: druskoje (halitas, kalnų druska, NaCl), feldšpate (lauko špatas, arba putnagas, – uolienas formuojančių silikatų klasės mineralų grupė, kuri sudaro apie 60 % žemės plutos). Jūrų vandenyje NaCl yra apie 3,5 %.



**68 pav.** Druska (NaCl) ir lauko špatas (arba putnagas). Natrio šaltinis – jūros vanduo

**69 pav.** Natris dega ore, reaguoja su vandeniu sprogdamas, todėl laikomas skystame parafine arba žibale. Natris liepsną nudažo geltonai

Natris gaunamas elektrolizuojant natrio hidroksido lydalą (Castner procesas). Natrio hidroksidas maišomas su trupučiu anglies ir geležies ir 1 000 °C temperatūroje vykdoma elektrolizė:

$$6NaOH + C \Longrightarrow 2Na + 3H_2 + 2Na_2CO_3.$$

11
**Na**
22,990

Natris yra labai reaktingas ore, todėl laikomas skystame parafine, žibale. Natrio jonai liepsną nudažo labai ryškia geltona spalva. Ore metalo paviršiuje iš karto susidaro oksido sluoksnis:

$$4Na + O_2 \Longrightarrow 2Na_2O.$$

Gali susidaryti ir natrio peroksidas. Natris lengvai reaguoja su halogenais, audringai sąveikauja su vandeniu:

$$2Na + 2H_2O \Longrightarrow 2NaOH + H_2.$$

Išsiskiriančios šilumos pakanka susidarančiam vandeniliui uždegti.

Natris naudojamas natrio peroksidui (stiprus oksidatorius, naudojamas popieriaus, tekstilės pramonėje), natrio cianidui (NaCN, naudojamas aukso kasybos pramonėje) ir kitiems junginiams sintetinti; taip pat kaip reduktorius organinėje chemijoje, branduoliniams reaktoriams aušinti. Labiausiai yra naudojami natrio junginiai, ypač chloridas, hidroksidas, nitratas ir karbonatas – kasmet pagaminama milijonai tonų. $NaNO_3$ (salietra) naudojama žemės ūkiui, $Na_2CO_3$ (soda) – stiklui gaminti, $NaHCO_3$ – geriamoji, valgomoji soda, $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ (boraksas) – namų ūkyje, skalbimo ir valymo priemonėse. Natris naudojamas muilui gaminti.

Vilnai, medvilnei skalbti muilas pradėtas naudoti prieš 5 000 metų. Muilas gaminamas riebalus maišant su šarmais, dažniausiai – natrio ar kalio šarmu. Natris naudojamas mažiau aktyviems metalams, pvz., titanui (Ti), gauti iš jų druskų.

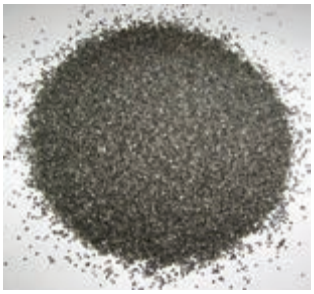
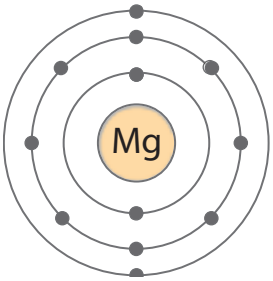
**70 pav.** Muilas

11
Na
22,990

Natrio jonai žmogaus organizme yra vienas svarbiausių elektrolitų, reguliuojančių kraujo slėgį, tūrį, osmosinį slėgį, veikiančių biologinių skysčių pH. Natris reikalingas raumenų (veikia susitraukimą) ir nervų (padeda perduoti nervinius impulsus) sistemų tvarkingam darbui. Kasdien žmogui reikia apie 500 mg natrio. $Na^+$ ir $Cl^-$ yra pagrindiniai jonai, esantys ląstelių išoriniuose skysčiuose, kraujo plazmoje. Natris yra elementas, kuris reikalingas, kad organizmas veiktų tinkamai.

12
Mg
24,305

# 12. Magnis (Mg)

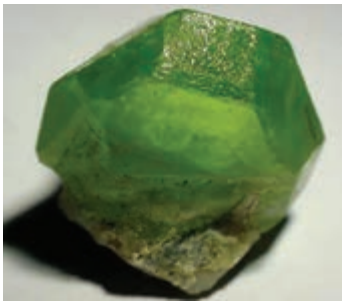




**71 pav.** Magnis – šarminių žemių elementas

Magnis – šarminių žemių elementas, blizgus, pilkšvai sidabrinės spalvos metalas. Lydosi aukštoje 651 °C temperatūroje. Žemėje Mg yra devintasis elementas pagal paplitimą.

Pirmasis metalinį magnį izoliavo Humphry'is Davy'is. Pavadinimo kilmė šiek tiek komplikuota. Senovėje magnio dioksidas buvo laikomas rūdos, vadinamos *lapis magnes* (lotynų k. – didelis akmuo), rūšimi ir todėl buvo pavadintas *magnesia*. Gali būti, kad Turkijos miestas Manisa, anksčiau graikų vadintas Magnezija, pavadinimą gavo dėl gausių magnio klodų apylinkėse. Viduramžiais buvo išskiriama *magnesia nigra* (juodasis junginys) ir *magnesia alba* (baltasis junginys) – iš pastarojo 1808 m. anglas H. Davy'is elektrolizės būdu ir išgavo magnį, iš pradžių jį pavadinęs *magnium*. Prancūzas Antoine'as A. B. Bussy 1831 m., kaitindamas $MgCl_2$ su K stikliniame vamzdyje, pirmasis atrado būdą, kaip išgauti didelius kiekius magnio. Susidariusį KCl išplaudavo.

1618 m. ūkininkas iš Epsomo (Anglija) girdė karves vietinio šaltinio vandeniu, tačiau gyvūnai nenorėjo gerti kartaus vandens. Tačiau šis vanduo gydė įbrėžimus ir išbėrimus. Nustatyta, kad vandenyje buvo daug magnio sulfato ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), kuris buvo vadinamas Epsomo druska, arba karčiąja druska. Dabar magnio sulfato vonios naudojamos įvairioms ligoms gydyti.



**72 pav.** $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (Epsomo, arba karčioji, druska), olivinas, dolomitas ir karnalitas

Magnis labai paplitęs elementas, tačiau gamtoje dažniausiai randamas rūdose su kitais elementais (olivinas ($(MgFe)_2SiO_4$), dolomitas ($CaMg(CO_3)_2$), karnalitas ($MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$) ir kiti).

Magnis gaunamas elektrolizuojant jo chlorido lydalą:

$$2MgCl_2 \Longrightarrow 2Mg + 2Cl_2$$

arba redukuojant anglimi iš oksido didesnėje nei 1 000 °C temperatūroje:

$$MgO + C \Longrightarrow Mg + CO.$$

Magnio gana daug (bet mažiau nei natrio) yra jūros vandenyje, todėl jūros vanduo naudojamas magniui gauti. Iš jūros išgaunamas magnio chloridas yra

12
Mg
24,305

**73 pav.** Magnio gamykla prie Negyvosios jūros Izraelyje ir magnio šviesa

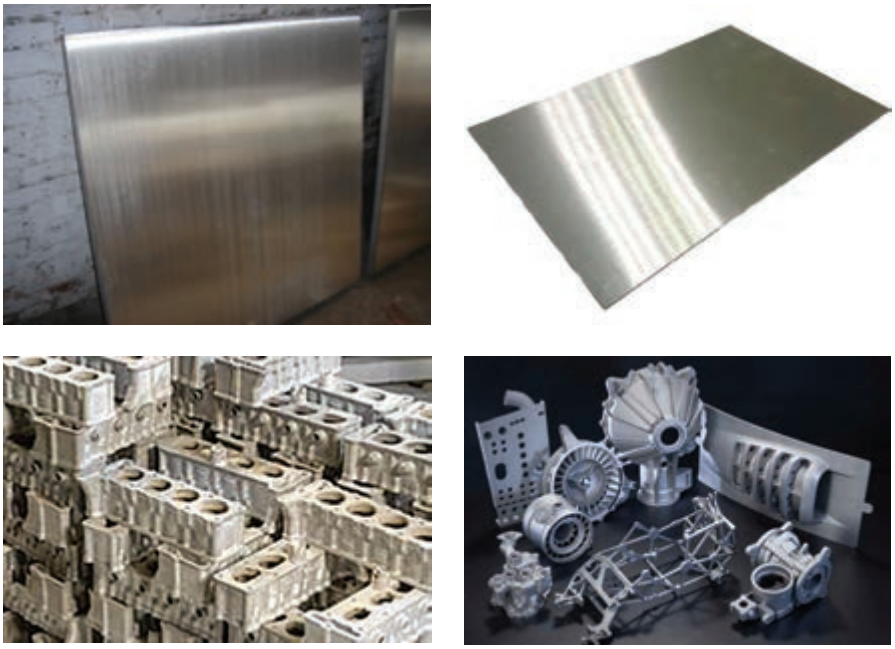
elektrolizuojamas. Magnis yra labai degus metalas. Ir nors magnio miltelius ar plonas juosteles uždegti palyginti lengva, stambesni gabalai užsiliepsnoja gana sunkiai. Sykį uždegus, magnį užgesinti labai sunku. Magnis dega labai ryškia balta liepsna, kuri praeityje buvo naudojama kaip ryškus šviesos šaltinis fotografavimo metu. Kai kuriose srityse (jūroje, fejerverkuose) magnis šiam tikslui tebenaudojamas ir dabar.

Magnis su vandeniu reaguoja tik aukštoje temperatūroje. Reaguoja su praskiestomis rūgštimis:

$$Mg + H_2SO_4 \Longrightarrow 2MgSO_4 + H_2.$$

Magnio junginiai naudojami organinėje chemijoje.

Dėl lengvumo bei tvirtumo magnis ar daug jo turintys lydiniai naudojami karinėje technikoje. Mūšio metu ar sudėtingomis bandymų sąlygomis pasitaikydavo gaisrų. Pavyzdžiui, pirmieji amerikiečių B-29 bombonešiai (šis lėktuvas numetė atomines bombas Antrajame pasauliniame kare) turėjo netobulą



**74 pav.** Magnio panaudojimas: Magnox lydinys ir variklių detalės iš magnio turinčių lydinių

variklį, kuris įkaisdavo tiek, jog užsiliepsnodavo iš aliuminio-magnio lydinio pagamintos konstrukcijos. Nors buvo įrengta speciali ugniasienė, gaisras ją pradegindavo greičiau nei per 90 sekundžių. Sykį sprogo lėktuvo padangos, ir lėktuvui leidžiantis nuo trinties užsiliepsnojo magnio ratlankiai – liepsna išplito po visą lėktuvą, tačiau pilotas spėjo pasitraukti. Magnio lydiniai yra atsparūs korozijai. Magnox lydinys (pagrindinė dalis yra magnis, kita – aliuminis arba kiti metalai) naudojamas branduolinėje pramonėje. „Mercedes-Benz“, „Porsche“, „Volkswagen Group“, „Mitsubishi Motors“, BMW ir „Chevrolet“ naudoja įvairius magnio lydinius automobilių variklių detalėms gaminti.

MgO ir $MgCO_3$ vartojami medicinoje kaip rūgštį mažinantys vaistai (gastritas, rėmens graužimas). Magnis – vienas būtiniausių mikroelementų sportuojantiems ir besilaikantiems dietų. Jis stiprina kaulus ir nervų sistemą. Magnio netenkama piktnaudžiaujant alkoholiu, riebiu maistu, badaujant. Ypač daug jo išsiskiria su prakaitu aktyviai sportuojant. Dėl to raumenis gali sutraukti mėšlungis, sutrikti širdies veikla. Magnio gausu riešutuose, razinose, vynuogėse,

12
Mg
24,305

grūduose, kopūstuose, morkose, grikiuose, sojų pupelėse, ryžiuose. Daugiausia magnio turi migdolai. Rekomenduojama magnio dienos norma – 350 mg.

**75 pav.** Magnis – labai svarbus žmogaus organizmo elementas. Vaistai nuo rėmens graužimo

# 13. Aliuminis (Al)

13
Al
26,982

**76 pav.** Aliuminis – tipiškas metalas

Aliuminis yra lengvas, minkštas, plastiškas, kalus, tąsus, lengvai poliruojamas, anoduojamas, atspindintis šviesą, nemagnetinis, sidabriškai baltas metalas. Aliuminis yra labiausiai pasaulyje paplitęs Žemės plutos metalas (apie 8,1 % masės) ir trečiasis pagal paplitimą elementas (po deguonies ir silicio). Lydosi 933,47 K temperatūroje.

Anglų kalboje buvo vartojami šiek tiek skirtingi pavadinimai: *aluminium* ir *aluminum*. IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) 1990 m. paskelbė, jog standartinis pavadinimas yra *aluminium*, bet 1993 m. pavadinimą *aluminum* pripažino vartotinu.

Elementą pirmą kartą 1825 m. išgavo danų fizikas ir chemikas Hansas Christianas Oerstedas (1777–1851) (Kopenhagos universitetas) bei 1827 m. – vokiečių chemikas (sintetinęs šlapalą) Friedrichas Wöhleris (1800–1882) (Getingeno universitetas). Pilki aliuminio milteliai buvo gauti kaitinant aliuminio chloridą ($AlCl_3$) su metaliniu kaliu.

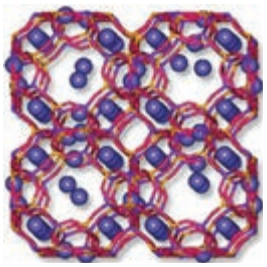
Aliuminis randamas junginiuose – įvairiuose aliumosilikatuose, feldšpatuose, molžemiuose, žėrutyje, nuosėdinėse uolienose ir kituose mineraluose. Seniausias žinomas junginys, kuriame gausu aliuminio, yra mineralas alūnas (lot. *alumen*) – tai ir lėmė aliuminio cheminio elemento pavadinimą.

13
Al
26,982

**77 pav.** Hansas Christianas Oerstedas ir Friedrichas Wöhleris

Aliuminis randamas ir aliuminio oksido ($Al_2O_3$) pavidalo. Šių pusbrangių akmenų spalva priklauso nuo priemaišų elementų. Rubine yra chromo priemaišų, emeralde ir safyre – kobalto, smaragde – geležies. Iš viso yra žinoma per 270 įvairių mineralų, kuriuose yra aliuminio.

Aliuminis labai aktyvus ir reaktingas metalas, todėl laisvas gamtoje nėra randamas. Kaip minėta, aliuminio paviršius labai greitai apsitraukia tvirta, plona oksido ($Al_2O_3$) plėvele:



**78 pav.** Lauko špatai, žėrutis, kriolitas ir aliumosilikatų struktūra

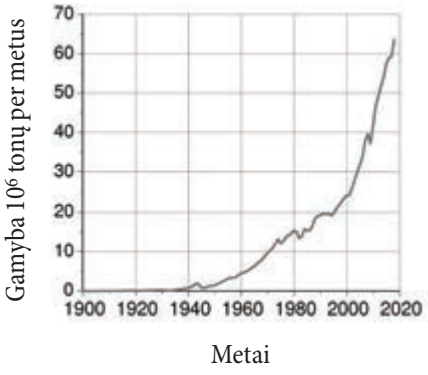
**79 pav.** Rubinas, smaragdas, safyras, granatai, špinelis ir turkis

$4Al + 3O_2 \rightarrow 2Al_2O_3$.

Viena pagrindinių aliuminio savybių yra jo amfoteriškumas – reaguoja tiek su rūgštimis, tiek ir su šarmais:

$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$,

$2Al + 2NaOH + 6H_2O = 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2$.




**80 pav.** Aliuminio gamybos pasaulyje grafinis pavaizdavimas

13
**Al**
26,982

**81 pav.** Londone 1893 m. pastatyta statula yra pirmoji išlieta iš aliuminio

Šiuo metu pramonėje Al gaunamas elektrolizuojant boksito ($AlO_x(OH)_{3-2x}$) ar kriolito ($AlF_3 \cdot 3HF$) lydalus, pridedant įvairių fliusų, mažinančių pradinių medžiagų lydymosi temperatūrą. Kasmet pagaminama vis daugiau aliuminio.

Australija – pagrindinė žaliavos tiekėja. Iš aliuminio gaminama iki 0,004 μm folija, kalant daromi lakštai. Kaip apsauga nuo korozijos plienas dengiamas aliuminiu. Aliuminiui yra būdingas pasyvacijos reiškinys – aliuminio paviršius pasidengia oksidacine plėvele. Aliuminiu dengiami paprasti ir optinių teleskopų veidrodžiai; taip pat naudojamas lydant plieną ar ketų (kaip reduktorius).

Aliuminio gausu aplink mus kasdieniame gyvenime. Šiandien aliuminio profiliai tapo mūsų kadienybės dalimi (durys, langai ir t. t.). Statybos pramonėje pradėtas naudoti 1895 m. Sidnėjuje. Gerai žinomi iš aliuminio pagaminti baldiniai bei apdailos profiliai, namų apyvokos daiktai (šaukštai, arbatinukai, peiliai, maisto dėžutės, indeliai). Aliuminio gaminių rasime keliuose, energetikos pramonėje, automobilių, aviacijos pramonėje, elektronikoje ir daugelyje kitų pramonės šakų. Aliuminio profiliai pamažu keičia tradicines medžiagas ir konstrukcijas. Svarbiausi argumentai – mažas svoris ir didelis stiprumas, atsparumas korozijai ir 100 % antrinio panaudojimo galimybė. Aliuminio profiliai leidžia derinti dizaino ir techninius privalumus. Aliuminis yra geras šilumos ir elektros laidininkas, jis gerai atspindi ir matomą šviesą, ir šiluminį spinduliavimą. Be to, aliuminis gali sulaikyti elektrinius ir magnetinius laukus. Aliuminio viela plačiai naudojama vidaus elektros instaliacijai.

Aliuminio rasime ir jūroje. Viena iš pirmųjų šalių, pradėjusi aliuminio gamybą ir naudojimą savo karinių jūrų pajėgų laivynui, buvo Prancūzija. Aliuminis naudojamas automobilių gamyboje, kur dažnai pakeičia plieninius elementus, pavyzdžiui, 182 kg plieno pakeičiama 82 kg aliuminio. Dėl mažesnio automobilio svorio sutaupoma 640 litrų benzino, o tai atitinka 23,000 MJ.

**82 pav.** Aliuminio folija. Aliuminio dangos naudojamos apsaugai nuo korozijos. Aliuminiu dengiami teleskopų veidrodžiai

**83 pav.** Aliuminis naudojamas statybinėse konstrukcijose. Iš aliuminio gaminami namų apyvokos daiktai

Aliuminio pudra naudojama gaminant akytąjį betoną, dažų ir lakų pramonėje ir pirotechnikoje (termitas – padegamasis mišinys, kurį sudaro metalinis aliuminis ir metalo oksidas), taip pat ji yra raketų kieto kuro sudėtinė dalis.

Labai svarbūs yra aliuminio lydiniai – su variu, magniu, cinku, siliciu, manganu, ličiu, kadmiu, cirkoniu, chromu. Jie pasižymi lengvumu (iki 3 kartų lengvesni

13
Al
26,982

**84 pav.** Aliuminio panaudojimas: apšvietimo stulpai gatvėse, elektros perdavimo linijos, aliuminio viela, kompaktiniai diskai, šilumokaičiai tranzistoriams

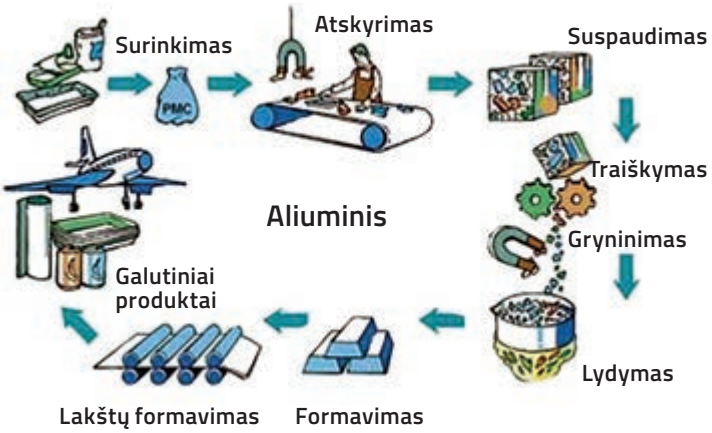
**85 pav.** Aliuminis naudojamas laivininkystėje, automobilių pramonėje, o aliuminio pudra – pirotechnikoje

už plieną), elektros ir šilumos laidumu, atsparumu korozijai, taip pat geromis mechaninėmis savybėmis. Skiriami į liejamuosius (sudaro 15 % visų) ir deformuojamuosius lydinius. Svarbiausi liejamieji lydiniai – siluminai, deformuojamieji – duraliuminiai, avaliai, superduraliuminiai. Pirmieji aliuminio lydiniai pradėti gaminti XIX a., duraliuminiai sukurti tik XX a. pradžioje.

Aliuminio lydiniams būdinga žema lydymosi temperatūra, todėl jų panaudojimas aukštesnėje temperatūroje yra ribotas. Be to, jie minkštoki. Aliuminio bronza yra aliuminio lydinys su variu. Daug aliuminio oksido naudojama aliuminio gamybai. Alfa aliuminio oksidas yra porėtas, didelis paviršiaus plotas naudojamas kaip katalizatorius ir adsorbentas. Gama aliuminio oksidas yra kieta, abrazyvinė medžiaga.

**86 pav.** Aliuminio lydinių naudojimo įvairovė

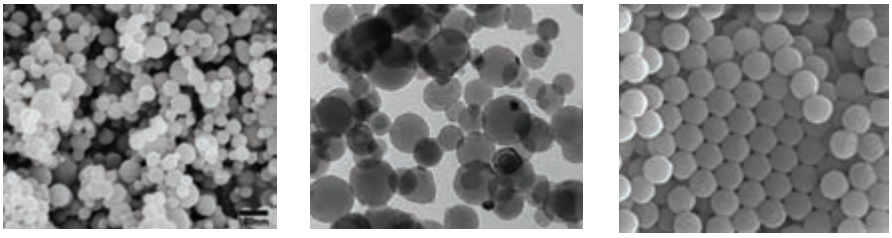
13
Al
26,982




**87 pav.** Aliuminio perdirbimo procesas

Aliuminis kaupiasi augaluose ir kai kuriuose žmogaus organuose. Nors aliuminio druskos nėra toksiški junginiai, tačiau dideli aliuminio kiekiai gali būti kenksmingi. Aliuminio junginiai skatina kraujo krešėjimą, yra žalingi nervų sistemai (manoma, kad sukelia Alzheimerio ligą), aliuminio dulkės pavojingos kvėpavimo takams.

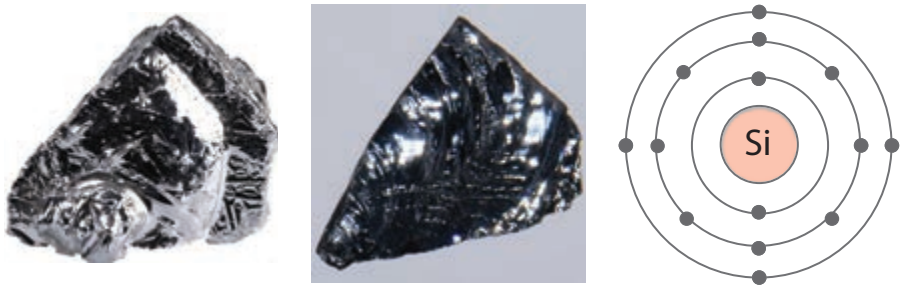
Nano aliuminio oksidas naudojamas kaip adsorbentas, kosmetikoje, dažų pramonėje, medicinoje. Aliuminio nanodalelės yra efektyvūs katalizatoriai, taip pat naudojamos raketų kuro gamyboje. Tačiau aliuminio dulkės ir aliuminio oksido nanodalelės gali būti absorbuojamas pro žmogaus odą.



**88 pav.** Aliuminio oksido ir aliuminio nanodalelės

# 14. Silicis (Si)

14
Si
28,086




**89 pav.** Silicis yra pusmetalis

Silicis – cheminis elementas, kuris yra pusmetalis. Jis kietas, melsvai pilkas, su būdingu metaliniu blizgesiu. Silicis yra antrasis po deguonies (45,5 %) labiausiai Žemėje paplitęs elementas. Tai labai svarbus elementas mikroelektronikoje ir kompiuterinėse mikroschemose. Šis itin paplitęs elementas yra neatskiriama šiltų, baltų paplūdimių dalis – silicio oksidas yra dažnas smėlio komponentas.

Pusmetalių kategorija yra truputį neapibrėžta. Jie paprastai turi ir metalų, ir nemetalų savybių. Išvaizda dažnai panašūs į metalus, tačiau yra blogi elektros laidininkai. Jie yra puslaidininkiai. Tai reiškia, kad jų pralaidumas elektrai padidėja pakėlus temperatūrą.

Silicis sudaro net apie 27 % Žemės plutos masės, tačiau jo gryno gamtoje nerandama. Šis elementas laboratorijoje išskirtas tik 1811 metais. Silicio yra daug titnage, iš kurio 1823 m. švedų mokslininkas Jönsas Jacobas Berzelius (1779–1848) ir išgavo šį elementą (lot. *silex* – kietas akmuo, titnagas).

Gamtoje silicis daugiausia randamas $SiO_2$ pavidalo (kvarcas, smėlis, titnagas) bei daugybėje įvairių silikatų (feldšpatas arba ortoklazas ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$), kaolinitas ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$). Silicio oksidas yra viena iš labiausiai paplitusių medžiagų Žemės plutoje. Randamos dvi jo atmainos: kristalinė ir amorfinė. Kristalinis $SiO_2$ dažniausiai aptinkamas kvarco pavidalo. Smulkūs kvarco grūdeliai yra

**90 pav.** Jönsas Jacobas Berzelius

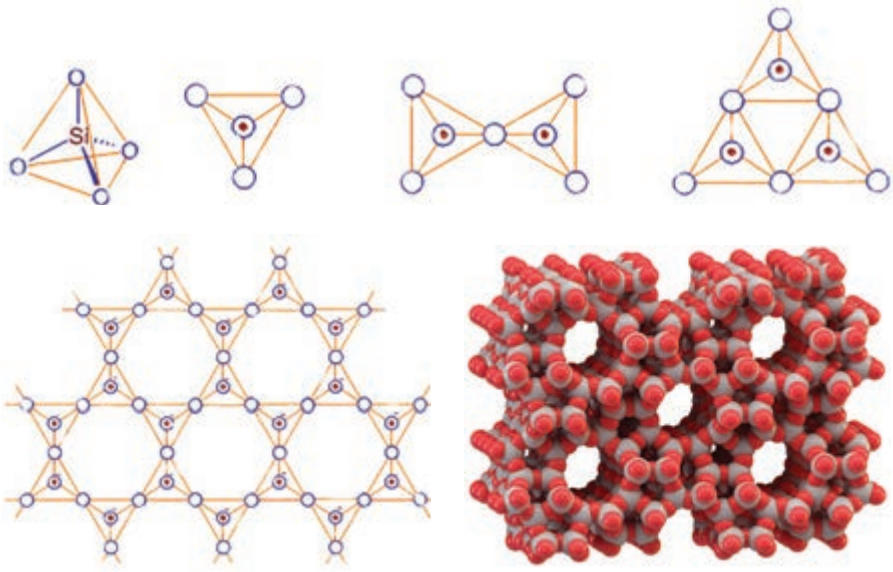
paprastas smėlis. Švarus smėlis yra baltas, geležies junginių nudažytas – geltonas. Žemės plutoje yra labai daug ne tik $SiO_2$, bet ir įvairių silikatų bei aliumosilikatų, kurie yra visų akmenų, smėlių, klinčių, gruntų ir t. t. pagrindinė sudedamoji dalis. Be natūralių gamtinių silikatų, naudojamų statybinėmis medžiagomis (smiltainio, granito, skalūno), yra ir sintetiniai silikatai (cementas, betonas, stiklas). Kvarco kristalų pavadinimas priklauso nuo jų spalvos. Yra žinoma dvylika skirtingų silicio dioksido kristalų modifikacijų, dažniausias yra kvarcas, pagrindinis daugelio uolienų, tokių kaip granitas ir smiltainis, sudedamoji dalis. Dar žinomas kalnų krištolas, rožinis kvarcas, dūminis kvarcas, morionas, ametistas, citrinas, agatas, jaspis, opalas ir kiti. Jie naudojami papuošalams ir laikrodžių ašelių lizdams gaminti.

**91 pav.** Kvarcas, smėlis, granitas ir titnagas

**92 pav.** Rožinis kvarcas

Ceolitų – mikroporių aliumosilikatų – karkasuose yra daug ertmių, į kurias gali įsiterpti įvairios kitos molekulės. Jie geri adsorbentai ir katalizatoriai. Didžiausi šių silikatų mineralų perdirbėjai ir gamintojai yra Kinija, Rusija, Norvegija ir Brazilija. Daugumos šių junginių struktūra ir cheminė sudėtis yra komplikuota ir nevienareikšmė. Silikatų struktūrinis vienetas yra tetraedrinis $SiO_4$ fragmentas, iš kurio susidaro sudėtingesni struktūriniai dariniai. Visoms $SiO_2$ formoms yra būdinga makromolekulinė struktūra, sudaryta iš $SiO_4$ tetraedrinių fragmentų (Si atomai yra centre, o O – tetraedro viršūnėse).

Silicis (95–99 % grynumo) gali būti gaunamas šios reakcijos metu iš smėlio arba kvarco:




**93 pav.** Silikatų ir ceolitų struktūros

$SiO_2 + 2C \rightarrow Si + 2CO.$

Silicis yra reaktingesnis už anglį. Įprastinėmis sąlygomis reaguoja tik su fluoru:

$Si + 2F2 \rightarrow SiF4.$

Aukštesnėje temperatūroje reaguoja su likusiais halogenais, siera, azotu, anglimi ir boru. Aukštoje temperatūroje reaguodamas su metalais sudaro silicidus:

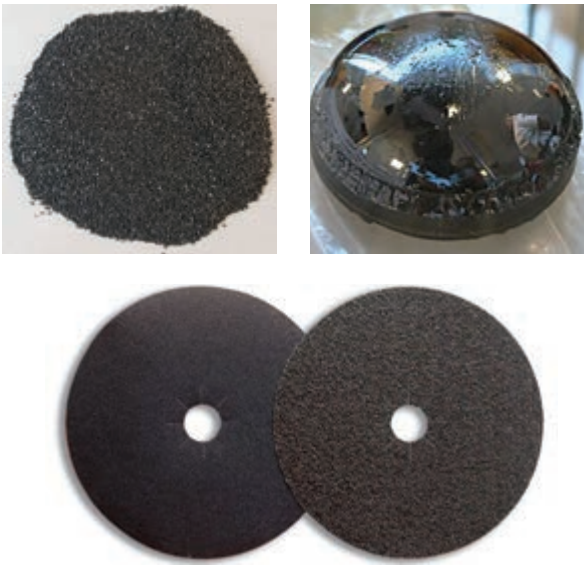
$Si + 2Mg \rightarrow Mg_2Si.$

Kaitinant silicį su anglimi 2 000–2 600 °C temperatūroje, susidaro labai kieta (beveik kaip deimantas) abrazyvinė medžiaga – silicio karbidas (SiC, karborundas).

Silicis netirpsta rūgštyse, išskyrus HF, bet gerai tirpsta šarmuose:

$SiO_2 + 4HF \rightarrow SiF_4 + 2H_2O.$

Skystą $SiO_2$ lėtai arba greitai aušinant galima gauti stikliškos būsenos medžiagas: kvarcinį stiklą, pirekso stiklą ($B_2O_3$ ir $Na_2O$) ir kt. Amorfinis $SiO_2$ – silikagelis, gaunamas šios reakcijos metu:



**94 pav.** Silicio karbidas

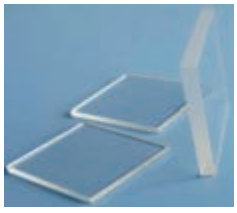
$Na_2SiO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + SiO_2 + H_2O.$



Išdžiovinto silikagelio sudėtyje yra keli procentai vandens. Tai geras katalizatorius bei džiovinamasis reagentas.

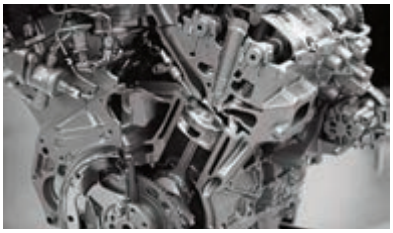
Kuo silicis yra toks ypatingas, kad jo vardu pavadintas visas Kalifornijos slėnis? Elektronikos vystymo įmonių sankaupa pavadinta Silicio slėniu todėl, kad iš silicio gaminami kompiuteriniai lustai. Šis „slapyvardis“ pirmą kartą pasirodė spaudoje 1971 metais. Ateityje tokie silicio kompiuteriniai lustai bus sujungti su žmogaus smegenimis. Elektriniai signalai bus siunčiami abiem kryptimis ir apdorojami. Tikėtina, kad bus sukurtas neurologinis prietaisas, gydantis žmogaus smegenų ligas. Silicis yra šiuolaikinės elektronikos pramonės pagrindas. Silicio – puslaidininkio – plonos plokštelės, išpjautos iš silicio monokristalų, naudojamos šiuolaikinėje technikoje, pavyzdžiui, saulės baterijose, paverčiančiose saulės spindulių energiją elektros energija.

Elementinis silicis yra naudojamas plieno rafinavimo, aliuminio liejimo procesuose ir smulkios chemijos pramonės šakose. Silicis įeina į ketaus, kitų metalų lydinių ir superlydinių sudėtį.



**95 pav.** Kvarcinis stiklas ir pireksas

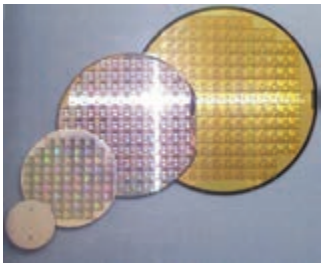
**96 pav.** Silicio slėnis



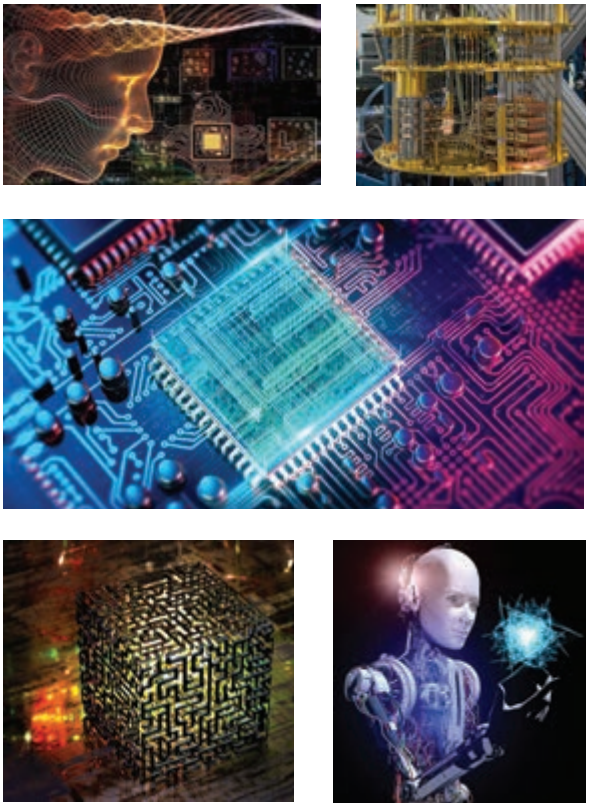
**97 pav.** Superlydiniai

Santykinai nedidelė labai gryno elementinio silicio dalis naudojama puslaidininkių elektronikoje (integruotos mikroschemos) – daugelyje kompiuterių, mobiliųjų telefonų ir moderniosios technologijos įrenginiuose. Elektronikoje naudojamas silicis yra bedefektinis „devynių-9“, arba 99,9999999 % grynumo, pavienis kristalas. Silicis naudojamas tranzistoriams, saulės elementams, puslaidininkiniams detektoriams ir kitiems puslaidininkiniams įtaisams gaminti. Iš silicio jau gaminami kvantiniai įrenginiai – kvantiniai kompiuteriai, neįtikėtinai maži lazeriai, kuriais duomenys bus apdorojami ir perduodami daug greičiau ir efektyviau. Kvantiniai kompiuteriai kada nors gali tapti norma, jie pranoks dabartinę kompiuterių technologiją ir sugebės lygiagrečiai atlikti skaičiavimus.

Statybos ir cemento pramonėje tiesiogiai naudojami molis, silicio oksido smėlis ir akmenys. Silicio oksidas naudojamas porcelianui bei tradiciniam ir specialiam stiklui (stiklo pluoštui, optiniam pluoštui, stiklo vatai) gaminti. Molis naudojamas keramikos pramonėje, asbestas yra ugniai atspari medžiaga, ceolitai – jonitai ir adsorbentai, žėrutis yra elektros įrenginių apsauginių



**98 pav.** „Devynių-9“ silicis



**99 pav.** Kvantiniai kompiuteriai

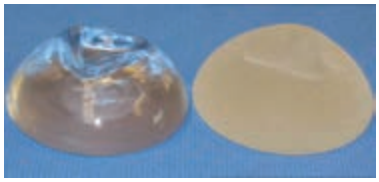
sluoksnių sudedamoji dalis. Kalnų krištolas praleidžia ultravioletinius spindulius ir dėl to naudojamas optinių prietaisų lęšiams gaminti. Amorfinis silicio dioksidas randamas kaip „infuzorinė žemė“. Šie kadaise gyvenusių infuzorijų kiautelių likučiai naudojami gaminant dinamitą. Kristalinis ir amorfinis $SiO_2$ sudaro titnagą, agatą ir kt. Titnagas ir agatas dabar naudojami rutuliniuose malūnuose. Silicio dioksidas yra plačiai naudojamas stiklo ir plytų gamyboje. Silicio gelis, koloidinė silicio dioksido forma, lengvai sugeria drėgmę ir yra naudojamas kaip sausiklis. Silikatai yra pagrindinė portlandcemenčio, naudojamo betonui ruošti, sudedamoji dalis. Silicis yra sintetinių polimerų, vadinamų silikonu (polisiloksanai), pagrindas. Silikonu dažnai sandarinami gaminiai, jo yra tepaluose, poliravimo priemonėse, elektros ir šilumos izoliatoriuose. Silikonas dar naudojamas krūtų

14
Si
28,086

**100 pav.** Portlandcementis ir betonas

medicininiams implantams, kontaktiniams lęšiams, karščiui atsparioms pirštinėms ir kitiems virtuvės reikmenims gaminti, taip pat pirotechnikoje.

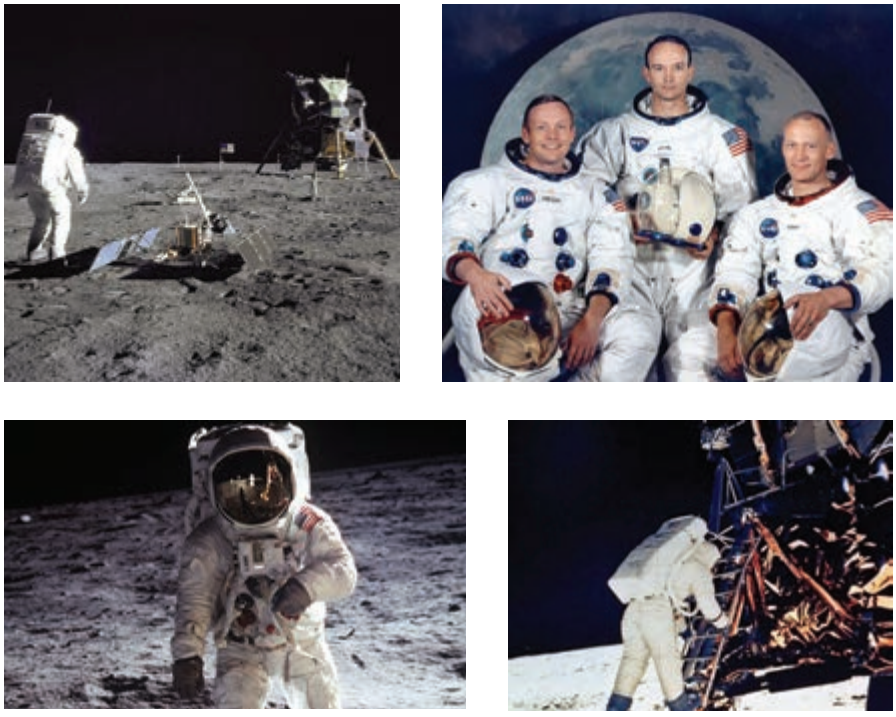
Nors silicis yra esminis biologinis elementas, gyvūnams jo beveik nereikia. Vis dėlto įvairūs jūros mikroorganizmai turi silicio skeletines struktūras. Silicis reikalingas ryžiams augti. Manoma, kad silicis yra svarbus žmonių sveikatai. 100 g žmogaus masės jo yra iki 90 mg. Stiprina nagus, plaukus, kaulus ir odos audinius. Silicis reikalingas aortos elastinui ir kolagenui sintetinti. Nors silicis ir jo junginiai nėra



**101 pav.** Silikonas

toksiški, dėl silicio dulkių cheminio poveikio žmogaus plaučių ląstelėms susergama silikoze. Šia liga dažnai serga akmens pjaustytojai, keramikos darbuotojai, kalnakasiai. Natrio silikatas ($Na_2SiO_3$), dar žinomas kaip vandens stiklas, naudojamas gaminant muilą, klijus ir medienos konservantus. Silicio tetrachloridas ($SiCl_4$) naudojamas dūmų ekranams, užtvaroms sukurti.

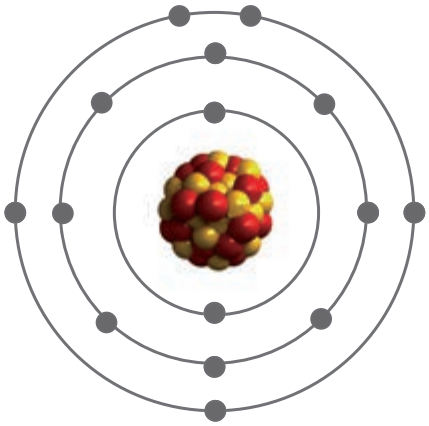
1969 m. Apollo 11 astronautai mėnulyje paliko šiek tiek didesnį už sidabrinį dolerį silicio kompaktinį diską, kuriame mikroskopiniu šriftu įrašyti geros valios žmonių iš skirtingų valstybių 73 pranešimai, išreiškiantys taikos siekį pasaulyje.



**102 pav.** Apollo 11 erdvėlaivio astronautai

15
P
30,974

# 15. Fosforas (P)



**103 pav.** Fosforo atomas. Baltasis ir raudonasis fosforas

Fosforas yra nemetalas. Vienintelis stabilus izotopas yra $^{31}P$. Egzistuoja dvi pagrindinės fosforo formos – baltasis ir raudonasis fosforas. Kadangi fosforas labai reaktingas, jo laisvo Žemės plutoje nėra. Baltasis (geltonasis) fosforas tamsoje ryškiai šviečia. Ši savybė leido 1669 m. Hamburgo alchemikui ir vaistininkui Hennigui Brandui (1630–1710) atrasti šį elementą; jis atitinkamai ir pavadintas: gr. *phos* – šviesa + *phoros* – nešantis. H. Brandas įėjo į istoriją kaip pirmasis žmogus, atradęs cheminį elementą.

Ieškodamas filosofinio akmens H. Brandas garino ir distiliavo šlapimą, kuriame visada yra fosfatų. Eksperimento metu susidariusią baltą, tamsoje švytinčią, nuostabiai degančią medžiagą jis pavadino *phosphorus mirabilis*. Fosforas buvo 13-asis atrastas elementas. Dėl šios priežasties ir dėl to, kad buvo naudojamas sprogmenyse, nuodingose medžiagose ir nervus veikiančiuose reagentuose, kartais jis vadinamas „velnio elementu“.

**104 pav.** Baltojo fosforo švytėjimas. Hennigas Brandas

Baltasis fosforas yra minkšta, vaško pavidalo medžiaga. Jis yra reaktingas, netirpus vandenyje, lakus, degus, savaime užsidegantis ore ir labiausiai nuodingas iš visų fosforo modifikacijų. Greitai absorbuojasi į kraują ir kepenis. Palaipsniui pavirsta į raudonąjį fosforą. Raudonasis fosforas pasižymi polimerine struktūra. Stabilesnis nei baltasis, savaime ore neužsidega. Užterštas baltasis fosforas kartais vadinamas geltonuoju fosforu. Dar yra violetinis ir juodasis fosforas.

1769 m. Johanas Gottliebas Gahnas ir Carlas Wilhelmas Scheele'ė nustatė, kad kauluose yra kalcio fosfato ($Ca_3(PO_4)_2$). Jie išgavo elementinį fosforą iš kaulų pelenų. Iki 1840 m. kaulų pelenai buvo pagrindinis fosforo šaltinis. Tuomet fosforas pradėtas gaminti iš fosfatų, išgaunamų tropinių salų fosfatų uolienų telkiniuose, kurie susidarė iš paukščių ir šikšnosparnių guano (ekskrementų nuosėdos). Tai tapo svarbiu XIX a. fosfatinių trąšų šaltiniu.

Mažėjant pasauliniams guano šaltiniams, mineraliniai fosfatai, fosilijos, apatitai tapo pagrindiniu fosfatinių trąšų gamybos šaltiniu. Po Antrojo pasaulinio karo fosfatinių uolienų gavyba gerokai padidėjo ir šiandien apatitai yra

**105 pav.** Guano fosfatų uolienų telkiniai ir apatitai

pagrindinis pasaulio fosforo ir fosforo cheminių medžiagų šaltinis. Fosforas gamtoje dažniausiai randamas fosfatų uolienų ir mineralų pavidalo (apatitas, fosfaritas ir kiti). Dideli apatitų klodai aptinkami fosfatinių uolienų rūdose Šiaurės Afrikoje, Šiaurės Amerikoje, Azijoje. Elementinis fosforas ekstrahuojamas iš fosfatinių uolienų, kurių sudėtyje vyrauja $Ca_3(PO_4)_2$, kaitinant kartu su smėliu ir anglimi elektrinėse krosnyse apie 1 400 °C temperatūroje. Fosforo garus kondensuojant vandeniu susidaro baltasis fosforas. Degantį fosforą sunku užgesinti. Patekęs degantis ant žmogaus odos, sukelia stiprius nudegimus.

**106 pav.** Fosforu nudeginta oda

Fosforo rūgštis ($H_3PO_4$) yra sintezuojama iš fosfatinių uolienų:

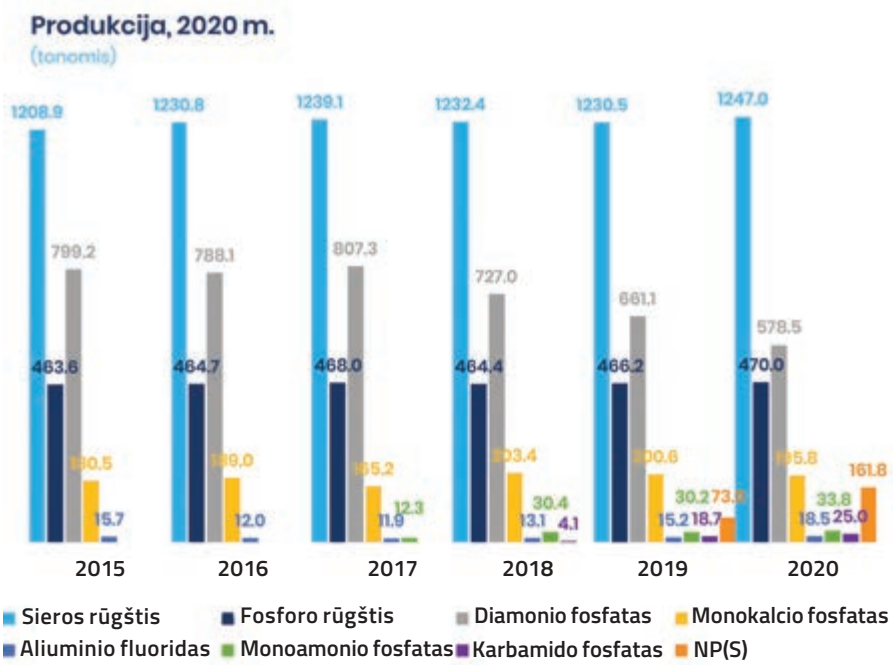
$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4\,(konc.) \rightarrow 2H_3PO_4 + 3CaSO_4.$$

Nedidelis fosfatų kiekis yra svarbus kai kurioms vandens sistemoms. Kai vandenyje yra per daug fosfatų, smarkiai auga žalieji dumbliai, kurie metabolizuodami sunaudoja daug deguonies. Dėl deguonies trūkumo vandens telkinyje ima gaišti žuvys.

Didžioji dalis išgaunamų fosforo junginių sunaudojama kaip trąšos. AB „Lifosa“ (Kėdainiai) specializuojasi fosforo trąšų gamyboje (diamonio fosfatas, monokalcio fosfatas, monoamonio fosfatas).

**107 pav.** Fosfatais užteršti vandens telkiniai

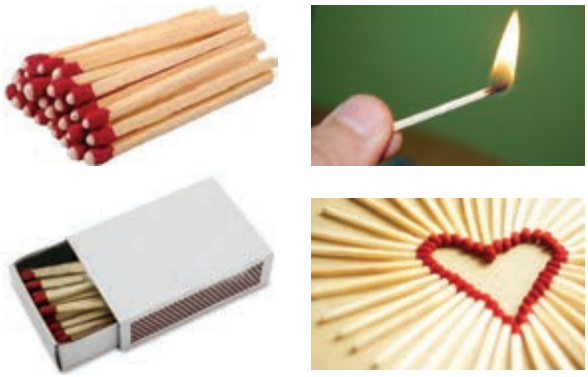
15
P
30,974




**108 pav.** AB „Lifosa" produkcija (tūkst. t. per metus)

Trąšos naudojamos, kad augalai papildomai gautų tam tikrų elementų. Augalams reikalingi cheminiai elementai yra skirstomi į keletą kategorijų. Pagrindiniai elementai yra azotas, fosforas ir kalis (N-P-K). Fosfatai reikalingi fosforui pakeisti, kuris iš augalų pasišalina. Organiniai fosforo junginiai naudojami plovikliuose, pesticiduose, plastifikatoriuose ir nervus paralyžiuojančiuose reagentuose. Raudonasis fosforas yra naudojamas degtukams, puslaidininkiams gaminti, taip pat metalurgijoje. Pirmasis degtukas su fosforo galvute buvo išrastas Charles'io Sauriaos 1830 metais. Be baltojo fosforo, degtuko galvutės sudėtyje dar buvo kalio chlorato, švino dioksido ir rišiklio. 1906 m. uždrausta naudoti baltąjį fosforą degtukuose dėl jo nuodingumo. Dabar naudojamas raudonasis fosforas.

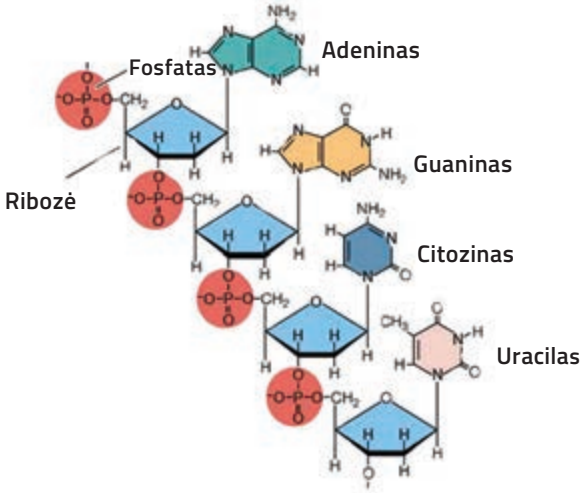
Fosfatai taip pat naudojami gaminant specialius akinius ir smulkius porcelianinius indus. Fosforo rūgštis yra labai svarbi pramonėje ir naudojama daugiausia trąšų, valymo, dezinfekavimo priemonių ir maisto priedų gamyboje. Ji suteikia aštrų skonį daugeliui vaisvandenių ir yra naudojama oksidams pašalinti nuo



**109 pav.** Degtukai

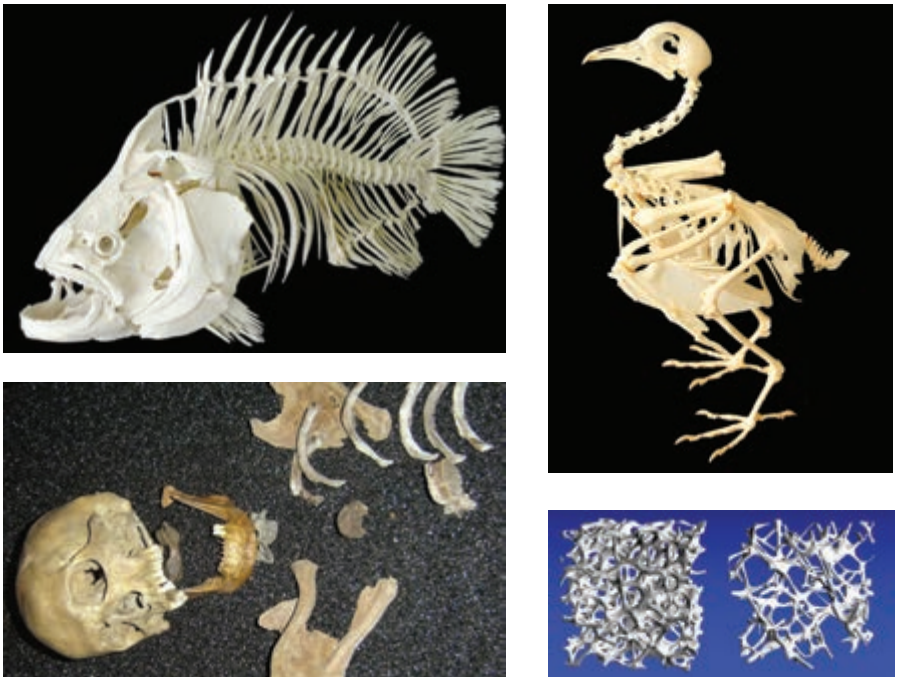
geležies arba plieno paviršių. Dideliais kiekiais gaminamas ir fosforo trichloridas, kuris kaip pradinė medžiaga naudojamas daugelio organinių fosforo junginių, nervus paralyžiuojančių dujų, liepsną stabdančių reagentų ir insekticidų (priemonių vabzdžiams naikinti) gamyboje. Fosforo junginiai svarbūs plieno bei fosforo bronzų gamyboje. Raudonasis fosforas naudojamas signalinėms raketoms, deglams, fejerverkams ir dūminėms bomboms gaminti.

Fosforas yra gyvybiškai svarbus elementas. Fosfatai ($PO_4^{3-}$) yra DNR, RNR, ATP ir fosfolipidų komponentas. Taigi fosforas, kaip ir azotas, yra pagrindinė gyvūnų ir augalų naudojama medžiaga. Fosforo yra kiekvienoje mūsų ląstelėje.




**110 pav.** RNR grandinėje yra fosfatų grupės

15
P
30,974



**111 pav.** Kaulai

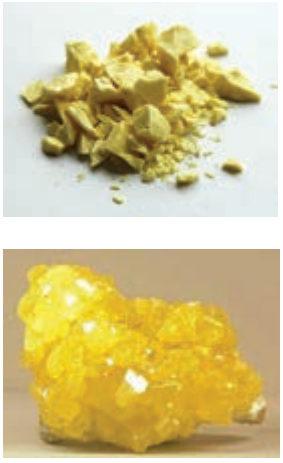
Medžiagų apykaitoje fosfatai svarbūs kaip energijos tiekėjai. Fosforo taip pat yra kauluose ir dantyse įvairių kalcio fosfatų pavidalo. Apie 70 % kaulų masės sudaro kalcio hidroksiapatitas ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$). Sutrikus fosforo apykaitai, greičiau susergama rachitu. Kalcio fosfatas (kaulų dulkės) yra naudojamas gaminant biokeramines medžiagas. Fosforo yra grūduose, ankštinėse daržovėse, riešutuose, žirniuose, brokoliuose, bulvėse, avižų kruopose, žuvyje, piene, mėsoje. Vidutiniškai suaugęs žmogus turi apie 0,7 kg fosforo (apie 1 % žmogaus masės), apie 85–90 % jo yra kauluose ir dantyse hidroksiapatito pavidalu, o likusi dalis – minkštųjų audinių ir tarpląstelinių skysčių (~1 %) sudėtyje. Per dieną reikėtų suvartoti apie 1–3 gramus fosforo. Tik apie 0,1 % fosforo cirkuliuoja kraujyje. Fosforas reikalingas inkstų veiklai, raumenims, hormonų balansui, širdies plakimui, jis padeda pernešti nervinius signalus.

Organiniai fosforo junginiai – pesticidai – yra labai kenksmingi, kaip ir baltasis fosforas. Apsinuodijimas sukelia žandikaulio nekrozę, vadinamą „fosiliniu žandikauliu“. Baltasis fosforas smarkiai pažeidžia kepenis.

**112 pav.** Pesticiduose yra kenksmingų organinių fosforo junginių

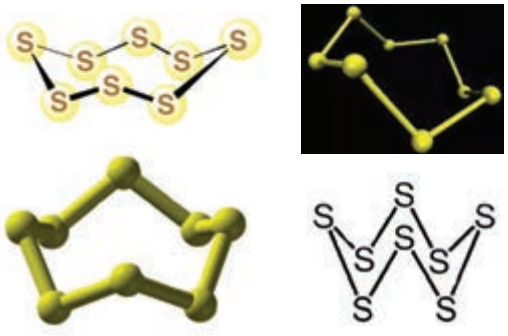
16
S
32,066

# 16. Siera (S)




**113 pav.** Siera

Siera – cheminis elementas, pasižymintis nemetalų savybėmis. Gana paplitusi – tai penktasis pagal paplitimą elementas Žemės plutoje. Ji geltonos spalvos, beskonė ir bekvapė. Siera geba sudaryti žiedinę struktūrą, todėl yra įvairių dydžių žiedų ir skirtingo ilgio grandinių struktūros ($S_6$, $S_7$, $S_8$, $S_9$, $S_{10}$, $S_{11}$, $S_{12}$, $S_{18}$ ir $S_{20}$; ir pluoštinės struktūros polimerinė siera). Įprastomis sąlygomis siera sudaro karūnos formos $S_8$ ciklinį fragmentą.



**114 pav.** $S_8$

Siera buvo žinoma dar senovės laikais, ji buvo naudojama Indijoje, Graikijoje, Kinijoje ir Egipte. Biblijoje siera vadinama „degančiu akmeniu“. Lotyniško pavadinimo *sulfur* kilmė nežinoma. Sieros pavadinimas XII–XIX amžiais dažnai keitėsi. Lietuviškas pavadinimas gali būti siejamas su sanskrito *sira* – šviesiai geltonas.

Senovės Egipte sieros tepalu gydė akių vokus. Senovės Graikijoje ją naudojo dezinfekavimui, balinimui, medicinos reikmėms. Kinijoje jau nuo III šimtmečio gebėjo išgauti sierą iš pirito uolienos. Naudojo ir medicinoje, ir juodojo parako gamybai. Indijos alchemikai sierą naudojo alcheminiuose eksperimentuose. Ankstyvieji Europos alchemikai iš sieros gamino kremą niežams, grybeliui, psoriazei, egzemai ir spuogams gydyti. Veikimo mechanizmas nežinomas, nors elementinė siera lėtai oksiduojasi iki sulfito, kuris yra lengvas antibakterinis reagentas. Jau vėliau Sicilijoje siera buvo aptikta vulkaninės kilmės uolienose. 1777 m. Antoine'as Lavoisier mokslo visuomenę įtikino, kad siera yra elementas, o ne junginys.

Sieros klodai Sicilijoje daugiau nei šimtmetį buvo pagrindinis sieros šaltinis. Iki XVIII a. apie 2 000 t per metus sieros eksportuodavo į Marselį, kur iš jos gamindavo sieros rūgštį. Apie 1867 m. dideli elementinės sieros klodai buvo atrasti Luizianos ir Teksaso valstijose. Gamtoje siera randama ne tik laisva, bet ir daugybės junginių pavidalo. Laisvos sieros dažnai randama vulkanų ir kalnų uolienose, geizeriuose, meteorituose. Jos yra įvairių mineralų, rūdų ir uolienų, naftos, akmens anglies sudėtyje. Siera gamtoje – tai sulfidai ir sulfatai. Svarbiausi sieros junginiai yra $FeS_2$ – piritas, ZnS – sfaleritas, PbS – galenitas, HgS – cinoberis, $As_4S_4$ – realgaras, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ – gipsas, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – karčioji druska. Šiandien beveik visa elementinė siera yra gaminama kaip šalutinis produktas pašalinant sieros turinčius teršalus iš gamtinių dujų ir naftos. Daugelis sieros junginių yra kvapūs. Greipfruto ir česnako kvapai yra susiję su organinių sulfatų junginiais. Vandenilio sulfidas yra pūvančio kiaušinio kvapo.

**115 pav.** Įvairūs sieros alcheminiai simboliai

Pramonėje siera išgaunama iš natūralių jos telkinių vadinamojo Frasch proceso metu, kai perkaitinti 167 °C temperatūros ir

**116 pav.** Vulkaninės sieros klodai

aukšto slėgio vandens garai suspaustu oru pumpuojami į sieros telkinius. Vėliau prisotintas siera vanduo lygiai taip pat pumpuojamas atgal į paviršių. Tokiu būdu išgaunama iki 99 % grynumo siera. Siera taip pat išskiriama iš $CaSO_4$, $SO_2$ dujų, kurios susidaro išgaunant metalus iš jų sulfidinių rūdų, bei iš $H_2S$, kurio koncentracija gamtinėse dujose kartais siekia net 30 % tūrio. Šiais laikais siera daugiausia gaunama iš naftos ar gamtinių dujų, kurių perdirbimo metu siera susidaro kaip šalutinis produktas.

Organiniai sieros junginiai, esantys naftoje, nusierinami:

$$R\text{-}S\text{-}R + 2H_2 \rightarrow 2RH + H_2S.$$

Deginamas vandenilio sulfidas reaguoja su degimo produktu ir susidaro siera:

$$3O_2 + 2H_2S \rightarrow 2SO_2 + 2H_2O,$$

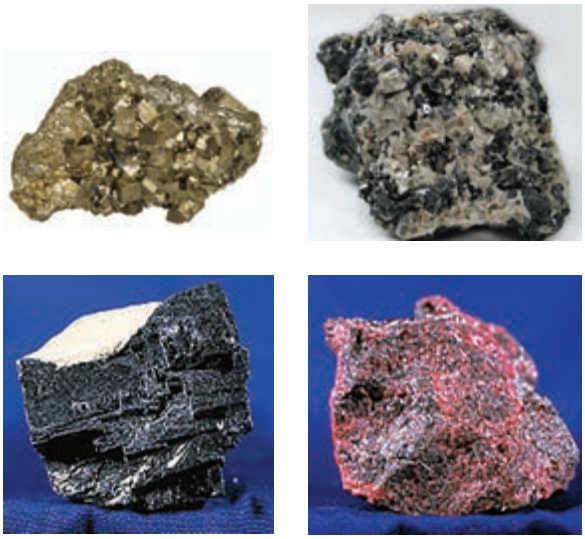
$$SO_2 + 2H_2S \rightarrow 3S + 2H_2O.$$

Per metus pasaulyje pagaminama apie 70 mln. tonų sieros (Kinija, JAV, Kanada ir Rusija).

Gamtoje vandenilio sulfidas randamas vietose, kur yra sieros ir vyrauja redukcinė atmosfera, pvz., pelkėse. Jis išgaunamas ir su gamtinėmis dujomis. Laboratorijoje $H_2S$ gaunamas iš geležies (II) sulfido ir hidrolizuojant kalcio ar aliuminio sulfidą:

$$FeS + 2HCl \rightarrow H_2S + FeCl_2.$$

Siera yra kieta kristalinė medžiaga, kaip ir kiti nemetalai, blogai praleidžia elektros srovę ir šilumą. Sieros milteliai neskęsta vandenyje, nes nedrėksta. Panašiai

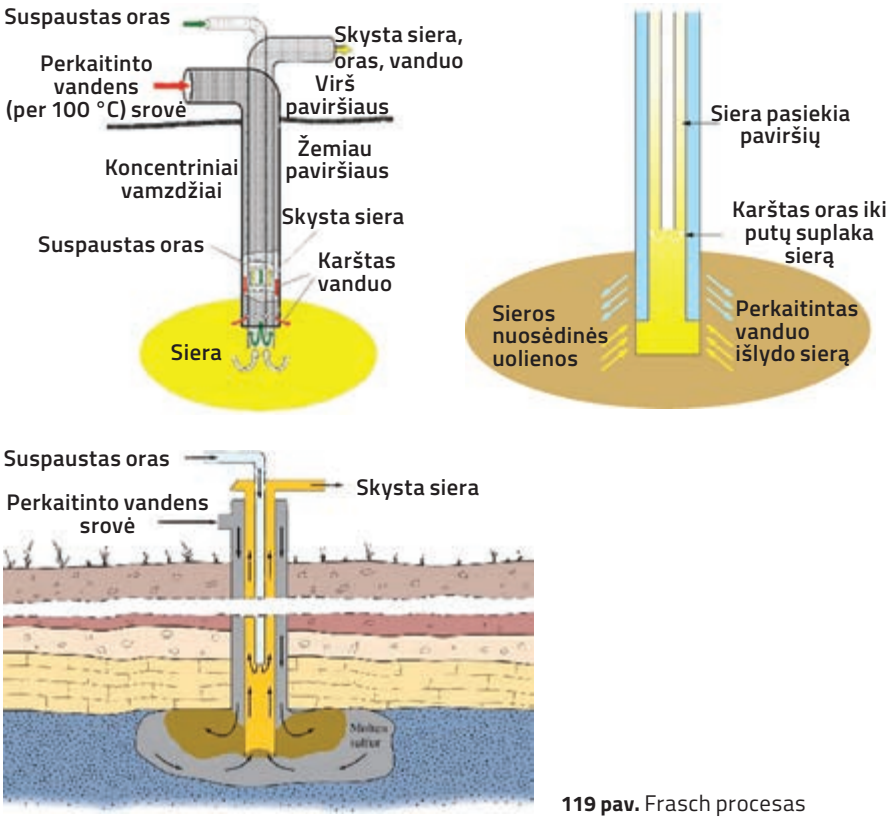


**117 pav.** Piritas, sfaleritas, galenitas ir cinoberis

vanduo nedrėkina ir daugelio sieros mineralų. Šia savybe naudojamasi atskiriant sulfidines rūdas nuo „tuščios uolienos“. Toks rūdų sodrinimas vadinamas flotacija. Siera vandenyje beveik netirpsta. Gerai tirpsta kai kuriuose organiniuose tirpikliuose. Kristalinė siera lydosi 112,8 °C temperatūroje. Įkaitintą iki virimo sierą išpylus į šaltą vandenį, susidaro plastiška siera, kurią galima ištempti kaip gumą.

**118 pav.** Siera yra gaminama pašalinant sieros turinčius teršalus iš gamtinių dujų ir naftos

16
S
32,066




**119 pav.** Frasch procesas

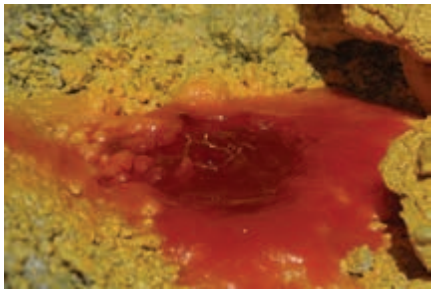
Norint atskirti laisvą sierą iš uolienų, ji lydoma. Lydant sieros ir smėlio mišinį, siera išsilydo, o smėlis nusėda ant indo dugno. Išlydyta siera atskiriama ją nupilant.

Siera dega mėlyna spalva, sudarydama $SO_2$ dujas. Reaguoja beveik su visais metalais, aukštesnėje temperatūroje – su vandeniliu, kai kuriais nemetalais. $S_8$ oksiduojant labai stipriais oksidatoriais gaunama sieros rūgštis ($H_2SO_4$). Tai pati svarbiausia rūgštis iš visų žinomų sieros rūgščių. Pramonėje ji gaminama labai dideliais kiekiais.

Sieros rūgšties sintezės pradiniame etape elementinė siera arba $H_2S$ sudeginami iki $SO_2$:

$$S + O_2 \rightarrow SO_2.$$

Tuomet sieros dioksidas oksiduojamas iki $SO_3$, esant $V_2O_5$ katalizatoriui:



**120 pav.** Išlydyta siera

$$2SO_2 + O_2 \xrightarrow{V_2O_5} 2SO_3.$$

Sieros trioksidas absorbuojamas 97–98 % $H_2SO_4$ tirpalu ir susidaro oleumas (40–60 % $SO_3$ tirpalas sieros rūgštyje), kurį praskiedus vandeniu gaunama įvairios koncentracijos sieros rūgštis:

$$H_2SO_4 + SO_3 \rightarrow H_2S_2O_7,$$

$$H_2S_2O_7 + H_2O \rightarrow 2H_2SO_4.$$

$SO_3$ dujos su vandeniu reaguoja tiesiogiai ir labai energingai (egzoterminė reakcija), susidaro tirštas rūkas:

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4.$$

**121 pav.** Sieros rūgštis

**122 pav.** Siera dekoruoti baldai

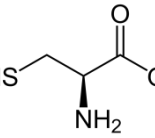
XVIII a. pabaigoje baldų gamintojai dekoratyviniams įdėklams savo gaminiuose naudojo išlydytą sierą.

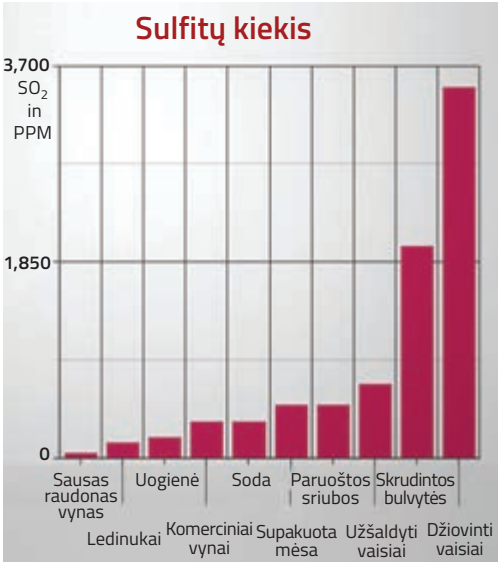
Lydyta siera kartais užpildomos išgręžtos betoninės skylės, kad jose įtvirtinti plieniniai strypai būtų atsparesni smūgiams. Komerciniams tikslams siera naudojama sieros rūgšties, sulfatinių ir fosfatinių trąšų gamyboje. Sieros junginių yra pesticiduose, insekticiduose ir fungiciduose. Naudojama kaučiuko vulkanizacijai, juodojo parako, degtukų, tepalų (medicinoje nuo spuogų, dermatito ir kt.) gamyboje. Kai kuriuose antibakteriniuose ir kituose farmaciniuose reagentuose irgi yra sieros.

Apie 85 % išgaunamos sieros paverčiama sieros rūgštimi – stambiausiu pramoniniu cheminiu produktu. Sieros rūgštis naudojama fosfatams išgauti iš gamtinių uolienų, fosfatinėms bei sulfatinėms trąšoms gaminti. Pagrindinė sulfatinė trąša yra kalcio sulfatas. Augalų šaknų sugerti sulfatai redukuojami iki sulfitų

**123 pav.** Sieros tepalai ir muilas

ir sulfidų, kurie patenka į cisteiną ar kitus sieros turinčius organinius junginius augaluose:

$SO_4^{2-} \rightarrow SO_3^{2-} \rightarrow S^{2-}\ (H_2S) \rightarrow$ cisteinas  $\rightarrow$ metioninas



**124 pav.** Vynas ir sulfitai

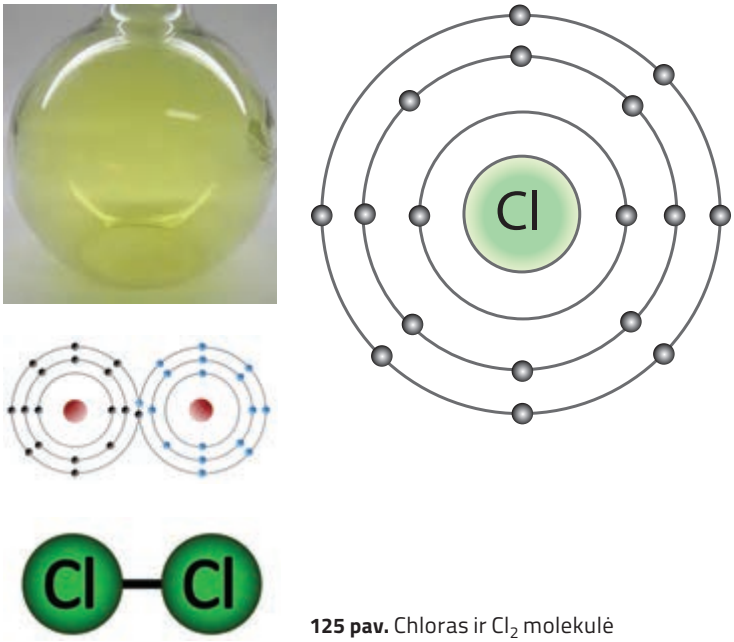
16
S
32,066

Sulfatinė trąša taip pat pagerina azoto ir fosforo įsisavinimą augaluose. Sieros rūgštis naudojama perdirbant naftą ir apdorojant vandens nuotekas. Sulfitai naudojami popieriaus gamyboje, sausiems vaisiams konservuoti, taip pat vyndarystėje. Sidabro fotografijos laikotarpiu natrio ir amonio tiosulfatai buvo naudojami kaip „fiksavimo reagentai“. Siera padidina cemento atsparumą korozijai bei tirpikliams.

Siera yra gyvybiškai svarbus elementas, ji įeina į trijų amino rūgščių, dviejų vitaminų, baltymų, kofermentų ir fermentų sudėtį. Apie 70 kg žmogaus kūno masėje yra maždaug 140 g sieros. Elementinė siera nėra toksiška. Tačiau sieros degimo produktai, sieros oksidai bei sieros rūgštys, kurios susidaro oksidams reaguojant su vandeniu, yra labai kenksmingi. Į atmosferą patenkantys sieros oksidai yra viena iš rūgščiųjų lietų susidarymo priežasčių. Vandenilio sulfidas yra panašiai nuodingas kaip ir vandenilio cianidas ir žudo tuo pačiu mechanizmu (slopina kvėpavimo fermentą). Apsinuodijimai sulfidais sukelia ir kitus nepageidaujamus simptomus.

# 17. Chloras (Cl)

17
Cl
35,453




**125 pav.** Chloras ir $Cl_2$ molekulė

Chloras yra nemetalas, halogenas. Normaliomis sąlygomis chloras yra dviatomės gelsvai žalios aštraus kvapo dujos. Chloro cheminė formulė ne junginiuose yra $Cl_2$. Pavadinimą nulėmė jo spalva: graikiškai *chloros* – geltonai žalsvas. Dažniausias chloro junginys, natrio chloridas, jau yra žinomas nuo senovės laikų. Akmens druska buvo naudojama 3000 m. pr. m. e., o druskingas vanduo – nuo 6000 m. pr. m. e. Natrio chloridas buvo naudojamas ne tik maistui, bet ir kaip atsiskaitymo valiuta.

Apie 1630 m. chlorą kaip dujas susintetino, bet neatpažino flamandų chemikas ir gydytojas Janas Baptistas van Helmontas (1580–1644). Chloro atradėju laikomas švedų mokslininkas Carlas Wilhelmas Scheelė, 1774 m. chlorą gavęs pagal šią reakciją:

17
Cl
35,453

**126 pav.** Janas Baptistas van Helmontas

$$4HCl + MnO_2 \rightarrow MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2.$$

Jis pastebėjo chloro balinamąjį efektą, mirtiną poveikį vabzdžiams, geltonai žalią spalvą ir kvapą, panašų į „karališkojo vandens“. Tik 1810 m. chloras buvo įvardytas kaip naujas elementas. Tą faktą paskelbė Humphry'is Davy'is.

Dėl chloro didelio reaktingumo jo laisvo žemėje nėra. Chloro gamtiniai šaltiniai yra jūros vanduo, NaCl – halitas, KCl – silvinas, KCl-NaCl – silvinitas, $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ – karnalitas. Mažesni, bet didelės koncentracijos natrio chlorido kiekai randami kai kuriuose vidaus vandenyse ir požeminiuose sūrymuose, tokiuose kaip Didysis druskos ežeras Jutoje ir Negyvoji jūra Izraelyje.

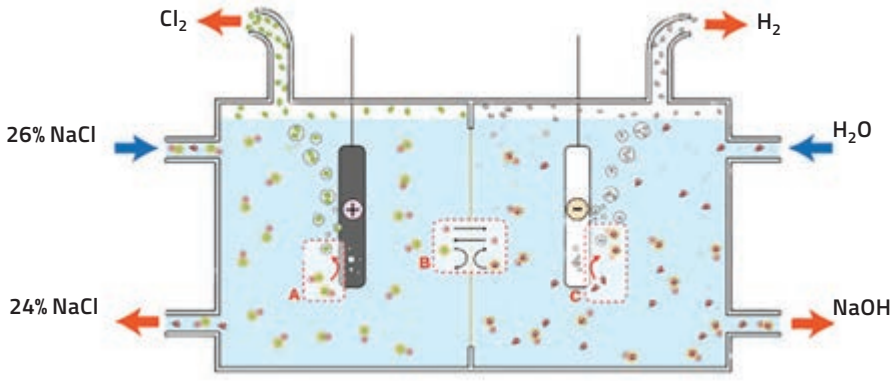
**127 pav.** Druskingas jūros vanduo

**128 pav.** Druska, kurioje yra daug chloro

**129 pav.** Didysis druskos ežeras Jutoje ir Negyvoji jūra Izraelyje

Pramonėje elektrolizės būdu išgaunant natrį iš NaCl lydalo taip pat gaunamas $Cl_2$. Chlorą galima gauti ir elektrolizuojant vandeninį NaCl tirpalą:

$$2NaCl + 2H_2O \rightarrow Cl_2 + H_2 + 2NaOH.$$




**130 pav.** Chloro gavimas elektrolizės būdu

17
Cl
35,453

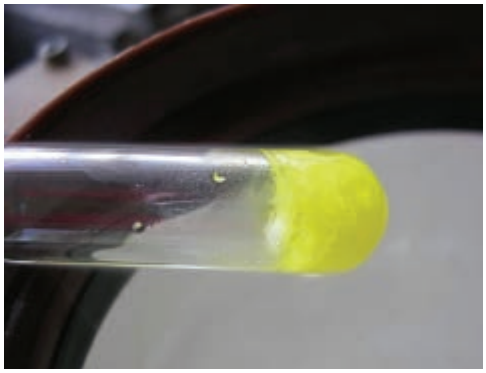
**131 pav.** Chloro talpos

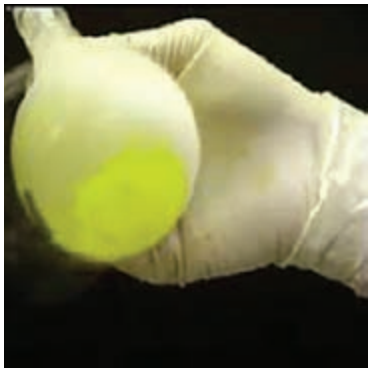
Katodinė ir anodinė dalys atskiriamos membranomis. Gaunamas ir labai grynas natrio hidroksidas.

Pagamintas chloras laikomas, transportuojamas ir tiekiamas balionuose, kurių dydis svyruoja nuo 450 iki 70 kg, taip pat būgnuose (865 kg), vagonuose-cisternose (15 tonų kelių transportu, 27–90 tonų geležinkeliu) ir baržose (600–1 200 tonų).

Chloras yra labai reaktingas, stiprus oksidatorius. Gali būti suskystintas aukštame slėgyje. Sukietėja žemoje temperatūroje.

**132 pav.** Suskystintas chloras

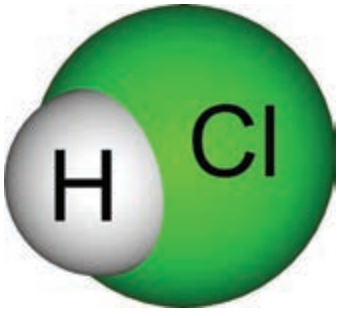




**133 pav.** Kietas chloras

$Cl_2$ dujos dirgina kvėpavimo takus, skystis degina odą. Didelės koncentracijos yra labai pavojingos. Chloro dujos – pirmosios dujos, kurios buvo naudojamos kaip cheminis ginklas Pirmajame pasauliniame kare (1915 m.). Chloras, aplinkoje, žmogaus organizme, plaučiuose reaguodamas su vandeniu, virsdavo druskos rūgštimi, kuri viską išgrauždavo. Sutarus nenaudoti chloro dujų kovos lauke, greitai buvo išrastos dar baisesnės mirtį nešančios garstyčių dujos ir fosgenas. Deja, chloro dujos 2007 m. buvo panaudotos ir Irako kare, ir neseniai Sirijoje.

Paprasčiausias chloro junginys yra vandenilio chloridas (HCl), kuris tirpdamas vandenyje sudaro druskos rūgštį – pagrindinę cheminę medžiagą pramonėje ir laboratorijoje. Dažnai HCl gaminamas deginant vandenilio dujas chloro dujose. Kitas būdas yra paveikti natrio chloridą koncentruota sieros rūgštimi.



**134 pav.** HCl – vandenilio chloridas ir druskos rūgštis

17
Cl
35,453

Chloro cheminės savybės yra panašios į kitų halogenų. Chloras, kaip minėta, labai audringai reaguoja su daugeliu elementų ir junginių. Tirpdamas vandenyje sudaro „chloro“ vandenį:

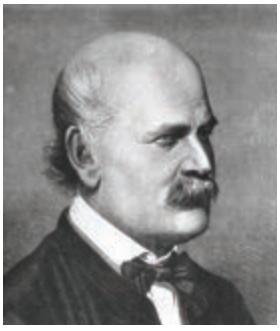
$Cl_2 + H_2O \Longrightarrow HOCl + HCl.$

Chloro ir vandenilio mišinys šviesoje yra sprogus:

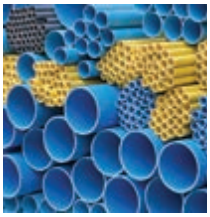
$Cl_2 + H \Longrightarrow 2HCl.$

Reaguodamas su metalais sudaro metalų chloridus – $CuCl_2$, $FeCl_3$, $NiCl_2$ ir pan.

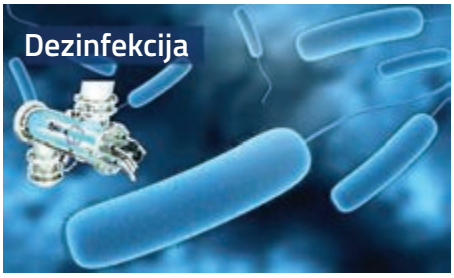
Chloro pritaikymas įvairiapusis. Prancūzijos chemikas Claude'as Berthollet 1785 m. pirmą kartą chloro dujas panaudojo tekstilei balinti. Plastikinių langų rėmų, lauko baldų, vaistų, dantų pastos, įvairių baliklių ir valiklių sudėtyje yra chloro junginių. Vakarų Europoje 95 % geriamojo vandens dezinfekuojama chloru ir chloro junginiais. Pirmą kartą chloras vandeniui dezinfekuoti (užmušti bakterijas) panaudotas 1820 m. Prancūzijoje. Antoine'as-Germainas Labarraque (1777–1850) savo išradimą (chlorkalkes) pritaikė fabriko, kuriame iš gyvulių žarnų buvo gaminamos stygos, nutekamiesiems vandenims dezinfekuoti. Hipochloritai buvo naudojami dezinfekcijai kalėjimuose, lazaretuose, morguose, ligoninėse. 1832 m. Paryžiuje siaučiant cholerai, chloro junginiais buvo dezinfekuojamas miestas. Chloratai yra labai stiprūs oksidatoriai, dar naudojami kaip balinimo bei dezinfekavimo priemonės. Chloro dujos plačiai naudojamos balinimui, plaukimo baseinų vandeniui dezinfekuoti. Elementinis chloras naudotas kaip antiseptikas (žaizdas drėkinančiuose tirpaluose ir pan.). 1847 m. Ignazas Semmelweisas (1818–1865)



**135 pav.** Antoine'as-Germainas Labarraque ir Ignazas Semmelweisas



**136 pav.** PVC – polivinilchloridas



**137 pav.** Skystas chloro dezinfekcinis tirpalas baseinams. Chloru naikinamos bakterijos

**138 pav.** Nuotekų dezinfekavimas chloru

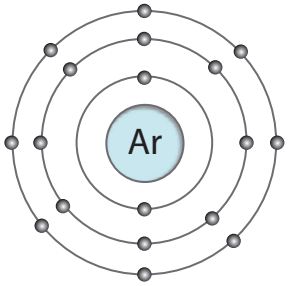
chloro vandeniu pasiūlė Austrijos ligoninėse dezinfekuoti gydytojų rankas. Taip buvo sustabdyti karštinės protrūkiai gimdymo namuose ir kitose gydymo įstaigose. Pirmajame pasauliniame kare boro rūgšties mišiniais buvo dezinfekuojamos sužeistųjų žaizdos.

Dezinfekuojant vandenį chloru, vandenyje esantys junginiai gali reaguoti su chloru ir sudaryti sveikatai pavojingas medžiagas. Chlorinti organiniai junginiai (polivinilchloridas) naudojami polimerų ir dažų pramonėje. $KClO_3$ naudojamas pirotechnikoje. Šiuo metu pramonėje gaminama apie 15 000 chloro turinčių junginių (druskos rūgštis, PVC, kitų metalų chloridai, chloroformas, chlorbenzenas ir kt.), ir beveik visų jų gamyba prasideda nuo NaCl. Chloro junginių yra vonių, kriauklių valymo priemonėse, todėl šie junginiai gali pažeisti vandentiekio ir kanalizacijos vamzdžių gumines ar polimerines sandarinimo detales.

Chloridai yra svarbūs visoms žinomoms gyvybės rūšims. Chloras reikalingas druskos rūgščiai skrandyje susidaryti. Tam tikras chlorido jonų kiekis yra būtinas kraujyje ir fiziologiniuose skysčiuose.

**139 pav.** Chloro pažeisti gaminiai

# 18. Argonas (Ar)




**140 pav.** Argonas

Argonas – sunkesnės už orą, bekvapės, bespalvės, nedegios, vienatomės inertinės dujos. Žemės atmosferoje argono yra apie 0,94 % tūrio – tai trečios pagal paplitimą dujos. Įdomu, kad iki 1957 m. argono simbolis periodinėje elementų sistemoje buvo A.

Skystindami orą ir pašalindami iš jo deguonį, azotą, vandenį, anglies dioksidą, 1894 m. argoną atrado lordas Rayleighas (John William Strutt, 3rd Baron Rayleigh, 1842–1919) ir seras Williamas Ramsay'us Londone. Nors dar 1785 m. Henry'is Cavendishas greičiausiai buvo atradęs argoną, teigdamas, jog apie 1 % oro nereaguoja net labai ekstremaliomis sąlygomis. Argono atradimą lydėjo nepaaiškinamas faktas, kodėl iš oro gauto azoto tankis yra kitoks nei azoto, gauto skaidant amonjaką.

**141 pav.** Lordas Rayleighas

Argono pavadinimas yra kilęs iš graikiško žodžio *argos* – tingus, pasyvus, neaktyvus, neveiklus, kadangi argonas yra visiškai inertiškas kitoms medžiagoms, nereaguoja su kitais elementais ir nesudaro jokių junginių. Gaunamas iki –100 °C atšaldytą orą distiliuojant frakciniu būdu, taip kaip deguonį ir azotą. Kadangi argono (–186 °C) ir deguonies (–183 °C) virimo temperatūros yra panašios, Ar ir $O_2$ mišinys atskiriamas

18
Ar
39,948

**142 pav.** Argono dujų balionai

daugkartinės distiliacijos metu. $O_2$ likučiai iš argono surenkami paveikiant $H_2$ dujomis, o perteklinis vandenilis šalinamas srautą leidžiant pro įkaitusį CuO vamzdelį. Per metus pasaulyje pagaminama apie 700 000 tonų argono. Kaip ir kitos dujos, argonas laikomas specialiuose balionuose.

Vandenyje argonas tirpsta labai mažai, panašiai kaip deguonis, bet apie 2,5 karto geriau nei azotas. Argonas yra pigiausia azoto alternatyva, kai reikia sukurti

**143 pav.** Cezis argono atmosferoje užlydytoje ampulėje ir elektros lemputės su argonu

**144 pav.** Laboratorinės spintos (boksai) darbui argono atmosferoje

**145 pav.** Metalų suvirinimas argono atmosferoje

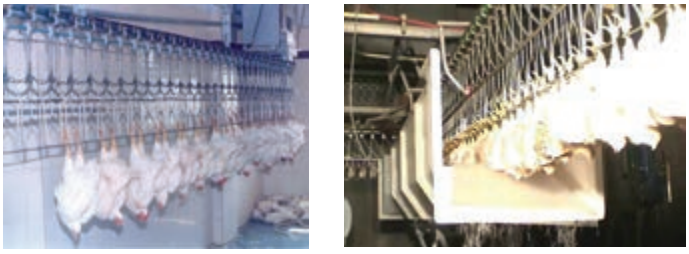
inertinę atmosferą. Naudojamas cheminėje sintezėje inertinei atmosferai sukurti, laboratorinėse spintose (boksuose) dirbant su orui ir drėgmei jautriomis medžiagomis, branduolinėje technikoje, metalurgijos procesuose, puslaidininkių medžiagų gamybai (siliciui, germaniui), fluorescencinėse išlydžio lempose, reklaminėse šviesose (švyti mėlynai). Argonu užpildomos elektros lemputės. Yra žinomas

**146 pav.** Kaitinimo krosnių elementai, laikomi argono atmosferoje

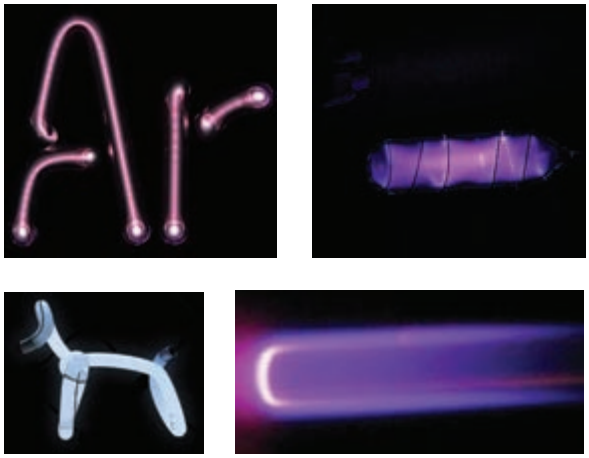
argono dujų mėlynai žalias lazeris. Per metus pagaminama apie $5 \cdot 10^{10}$ $m^3$. Argonas naudojamas metalų (volframo, titano) suvirinimui elektros lanku. Suvirinimo metu metalai argono plazmoje nesioksiduoja. Kaitinimo krosnyse, kuriose kaitinimo elementai yra grafito strypai, irgi naudojama argono inertinė atmosfera, kad pailgėtų kaitinimo elementų eksploatavimo laikas.

Argonas yra naudojamas paukštininkystės pramonėje, kai reikia apsvaiginti ir papjauti paukščius arba masiškai juos sunaikinti per ligų protrūkius. Argonas gali prailginti maisto galiojimo laiką, todėl maistas dažnai laikomas, transportuojamas argono atmosferoje (E938). Vyndarystėje, esant poreikiui, argono dujomis nuo vyno paviršiaus šalinamas deguonis. Ypač gryni cheminiai reagentai irgi kartais pakuojami ir laikomi argono atmosferoje.

Kartais argonas naudojamas gaisrui gesinti, kai vertingą įrangą gali pažeisti vanduo ar putos. Dvigubuose languose erdvė tarp stiklų kartais užpildoma argonu. Prabangių automobilių padangos gali būti užpildytos argonu, kuris apsaugo gumą ir sumažina triukšmą. Skystas argonas naudojamas kaip taikinys neutrinų eksperimentuose ir juodųjų skylių paieškose. Argonas intensyviai pritaikomas mokslinėse laboratorijose siekiant užtikrinti deramą šiuolaikinių prietaisų veikimą. Argono dujos taip pat yra plačiai naudojamos plonoms plėvelėms nusodinti ir valyti mikroelektronikoje.



**147 pav.** Argonu apsvaiginti paukščiai



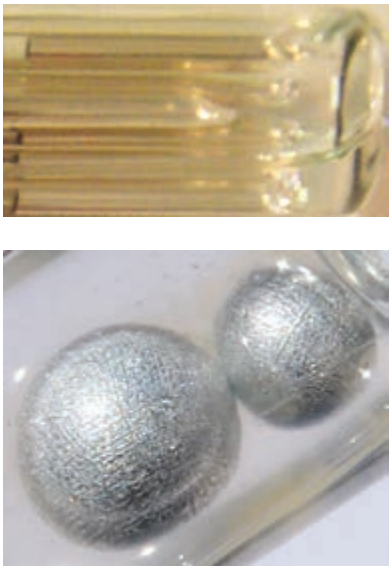

**148 pav.** Argono lempos

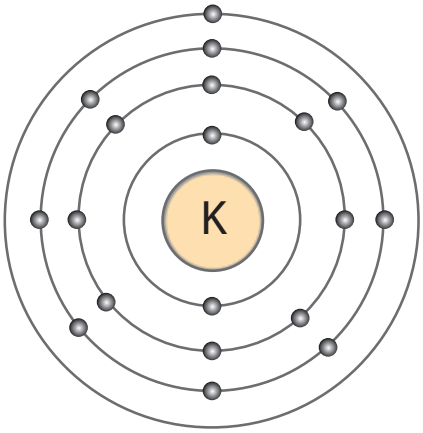
Nors argonas neatlieka jokio biologinio vaidmens, jis naudojamas medicinoje: kriochirurginių procedūrų metu skystu argonu naikinamos vėžinės ląstelės; mėlynaisiais argono lazeriais chirurgijoje „suvirinamos“ arterijos, sunaikinami augliai, gydomi akių defektai; argonas naudojamas vietoje azoto kvėpavimo ar dekompresijos mišinyje, siekiant pagreitinti kraujyje ištirpusio azoto išsiskyrimą iš kraujo. Argonas buvo naudojamas ir kaip dopingas, kuris imituoja hipoksines sąlygas (deguonies trūkumą audiniuose). 2014 m. Pasaulio antidopingo agentūra (WADA) į draudžiamų medžiagų ir metodų sąrašą įtraukė argoną ir ksenoną. Argonas nėra toksiškas, tačiau uždarose erdvėse, esant didelei argono koncentracijai, gali ištikti deguonies badas.

**149 pav.** Argonas gali būti dopingu

19
K
39,098

# 19. Kalis (K)






**150 pav.** Kalis

Kalis yra šarminių metalų elementas. Kambario temperatūroje – minkštas, balkšvas, ore iš lėto oksiduojasi. Lydosi 63,7 °C temperatūroje. Gamtoje yra trys – $^{39}K$, $^{40}K$ ir $^{41}K$ – izotopai. $^{40}K$, kurio yra apie 0,012 %, izotopas yra radioaktyvus.

Kalį atrado anglas seras Humphery'is Davy'is 1807 m., elektrolizuodamas kalio hidroksidą (KOH). Pavadinimas kildinamas iš lotyniško žodžio *kalium* (*alkali* – šarminis). Kalis irgi yra dažnas elementas (7-asis elementas pagal paplitimą Žemėje), tačiau jo junginiai nėra koncentruoti vienoje vietoje. Dauguma junginių labai gerai tirpsta vandenyje. Randamas šiose pagrindinėse rūdose: ortoklaze ($KAlSi_{3O8}$; kalio putnagas), granite (kvarcas, žėrutis, kalio putnagas ir kt.), silvite (KCl), karnalite ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$) ir silvinite (mKCl·nNaCl).

Kalis gaunamas kaitinant kalio karbonatą su anglimi:

$$2C + K_2CO_3 \Longrightarrow 2K + 3CO_2.$$

**151 pav.** Ortoklazas, granitas, silvitas, karnalitas ir silvinitas

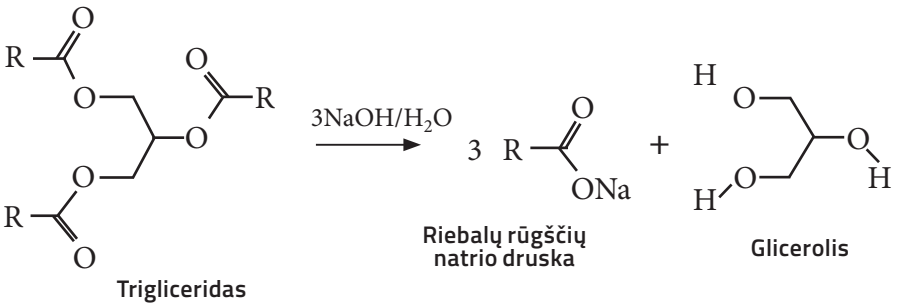
Kalio jonai liepsną nudažo labai ryškia rausva alyvine spalva. Kalio cheminės savybės labai panašios į natrio, tik cheminės reakcijos vyksta energingiau. Labai reaktingas ore, todėl laikomas skystame parafine, žibale. Ore oksiduojasi iki oksido arba superoksido:

$$4K + O_2 \Longrightarrow 2K_2O,$$

$$K + O_2 \Longrightarrow KO_2.$$

**152 pav.** Kalis labai reaktingas ore ir vandenyje. Kalio jonai liepsną nudažo raudonai

19
**K**
39,098




**153 pav.** Riebalų muilinimo reakcija

Kalis naudojamas reduktoriumi organinėje chemijoje. Kasmet pagaminama megatonų kalio hidroksido (stipri bazė, naudojama stiprioms rūgštims neutralizuoti; elektrolitas baterijose; organinėje sintezėje; muilo gamyboje; muilinti riebalus; sintetinti kalio druskas; kontroliuoti procesų pH).

Kalio nitratas ($KNO_3$) – oksidatorius, naudojamas parako gamyboje. Dar jis yra trąša ir konservantas. Kalio karbonatas naudojamas stiklo pramonėje, statyboje ir daugelyje kitų sričių. Kalio cianidas (KCN) yra labai pavojingas sintetinis nuodas. Cianido jonai blokuoja ATP sintezę mitochondrijose. Mirtis nuo cianido tokia greita, kad medicininei pagalbai nebelieka laiko. Kapsules su cianidu yra perkandę nacių nusikaltėlių vadeivos: Vokietijos kancleris Adolfas Hitleris, Reicho SS vadas Heinrichas Himmleris ir karinis lyderis Hermmanas Goeringas. KCN naudojamas aukso ir sidabro kalnakasybos pramonėje tirpinti metalams (variui, sidabrui, auksui), kad susidarytų patvarūs kompleksiniai junginiai:

$$4Au + 8KCN + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4K[Au(CN)_2] + 4KOH.$$

**154 pav.** Parakas

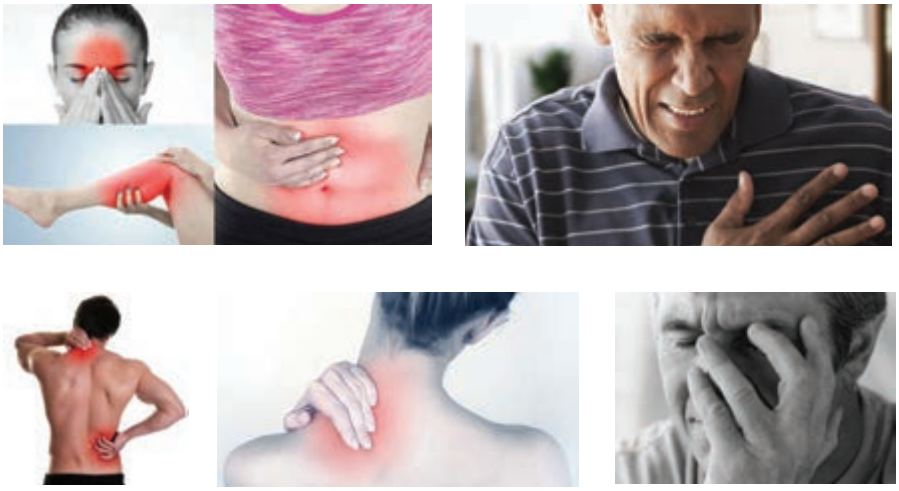
**155 pav.** Stiklo dirbinių gamyboje naudojamas kalio karbonatas

KCN naudojamas ruošiant cianidinius elektrolitus, iš kurių, leidžiant elektros srovę, gaunamos labai kokybiškos aukso, sidabro, cinko, vario, nikelio ir kitų metalų dangos. Auksuojami ir sidabruojami medaliai! Taip pat naudojamas sintetinant didžiulius kiekius įvairių organinių junginių: įvairius polimerus (pvz., nailoną), amino rūgščių darinius ir kt.

Kalis yra svarbus organizmo makroelementas. Kai organizme trūksta kalio, gali pasireikšti nuovargis, silpnumas, raumenų skausmas ir mėšlungis, vidurių

**156 pav.** Kalio cianidas

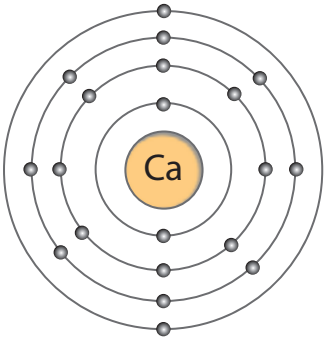
užkietėjimas, širdies ritmo sutrikimai, apatija, protinis nuovargis ir nervinė įtampa. Kalio yra įvairiuose maisto produktuose – bulvėse, pupelėse, morkose, špinatuose, bananuose, piene ir daugelyje kitų.



**157 pav.** Kalio trūkumo sukelti simptomai

# 20. Kalcis (Ca)

20
Ca
40,078




**158 pav.** Kalcis

Kalcis yra šarminių Žemės metalų pogrupio cheminis elementas. Sidabriškai baltos spalvos, plastiškas metalas. Kalcis labai paplitęs elementas. Žemės plutoje kalcio yra 2,96 % (pagal masę), tai penktasis pagal gausumą elementas (po deguonies, silicio, aliuminio ir geležies). Gamtoje randamas tik mineralų pavidalo.

Kalcio oksidas (nedegtos kalkės) buvo žinomas nuo seniausių žmonijos laikų. Metalinį kalcį pirmą kartą elektrolizės būdu 1808 m. išskyrė H. Davy'is. Dažniausiai randamas karbonatų pavidalo akmenyse. Kreida, klintys ir marmuras – tai

**159 pav.** Akmenys ir kreida

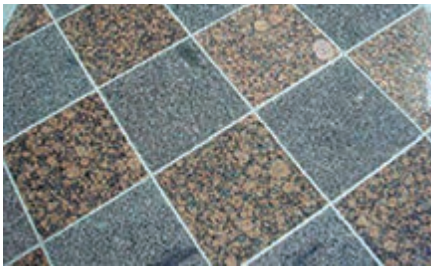
20
**Ca**
40,078

**160 pav.** Klintys

pagrindinės kalcio karbonato ($CaCO_3$) kristalinės formos. Mišrus karbonatas dolomitas ($MgCa(CO_3)_2$) irgi randamas gamtoje. Kiti svarbūs kalcio mineralai yra gipsas ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), apatitas ($3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(F, Cl, OH)_2$) ir fluoritas ($CaF_2$). Kalcis randamas natūraliuose šaltiniuose. Žmogaus kauluose yra apie 36,6 % kalcio.

Kalcis gaunamas elektrolizuojant $CaCl_2$ ir $CaF_2$ lydalą 700 °C temperatūroje arba kaitinant CaO ir aliuminį vakuume 1 200 °C temperatūroje:

$$6CaO + 2Al \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 + 3Ca.$$



**161 pav.** Marmuras

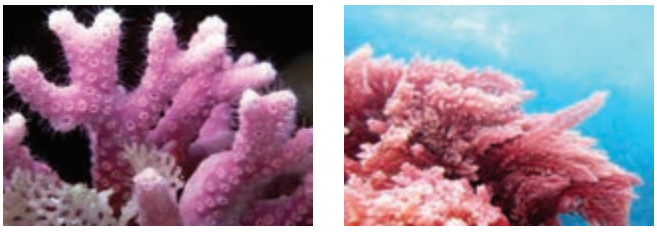
**162 pav.** Gipsas, fluoridas ir apatitas

**163 pav.** Kriauklės ir kiaušinių lukštai

Kalcis chemiškai yra labai aktyvus. Oro deguonis kalcį lengvai oksiduoja, susidaro kalcio oksidas, todėl kalcis laikomas hermetiniame inde arba alyvoje:

$2Ca + O_2 \Longrightarrow 2CaO.$

Iš kalcio lydinių su švinu, alavu, stibiu gaminami guoliai. Tai antifrikciniai lydiniai, dar vadinami babitais. Šie lydiniai turi mažą trinties koeficientą, todėl iš jų dažniausiai liejami guoliai. Kaip reduktorius kalcis naudojamas įvairiose reakcijose; metalotermijoje kalciu redukuojami metalai (uranas, toris, chromas, vanadis), iš plieno šalinamas deguonis ir siera, iš inertinių dujų – azoto priemaišos, valomi naftos produktai. Kalcio chloridas arba sulfatas organinėje chemijoje naudojami kaip dehidratuojantys reagentai. Elektrovakuuminiuose prietaisuose



**164 pav.** Koralai ir raudonieji dumbliai

20
Ca
40,078

**165 pav.** Žmogaus kaulai

kalcis naudojamas kaip geteris. Reaktingas kalcis, reaguodamas su liekamosiomis dujomis ar jas adsorbuodamas, padidina ir palaiko vakuumą. Taigi geteris pašalina nedidelį kiekį likusių dujų vakuumuotoje erdvėje. Radioaktyviuoju kalcio izotopu $^{45}Ca$ tiriama medžiagų apykaita gyvuosiuose organizmuose. Kalcis nudažo liepsną plytinio raudonumo spalva. $Ca^{2+}$ jonai yra penkti pagal kiekį jūros vandenyje (po natrio, chlorido, magnio ir sulfato jonų). Medicinoje kalcio karbonatas naudojamas kaip skrandžio rūgštingumą mažinanti priemonė.

**166 pav.** Guoliai, kuriuose yra kalcio

**167 pav.** Spektrometras su vakuumine sistema. Kalcio jonai nudažo liepsną plytinio raudonumo spalva

**168 pav.** Kalcio karbonato yra vaistų nuo rėmens graužimo sudėtyje

Kalcis yra būtinas organizmų gyvybinėms funkcijoms. Jo yra visuose augalų ir gyvūnų audiniuose ir skysčiuose. Augalai ima kalcį iš dirvožemio, gyvūnai ir žmogus gauna su maistu ir vandeniu. Rekomenduojama dienos norma priklauso nuo amžiaus.

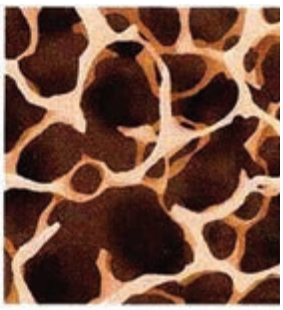
| Amžius | Kalcis (mg/dieną) |
|---|---|
| nuo 0 iki 6 mėnesių | 210 |
| nuo 7 iki 12 mėnesių | 270 |
| nuo 1 iki 3 metų | 500 |
| nuo 4 iki 8 metų | 800 |
| nuo 9 iki 18 metų | 1 300 |
| nuo 19 iki 50 metų | 1 000 |
| 51+ metų | 1 200 |

**169 pav.** Rekomenduotinos kalcio normos

Daugiausia kalcio yra suaugusio žmogaus kauluose ir kraujo plazmoje. Kalcis sudaro 1,5–2 % žmogaus svorio, 99 % kalcio yra dantyse ir kauluose. $Ca^{2+}$ jonai perduoda nervinius impulsus raumenims, skatina širdies darbą, padeda kraujui krešėti. Kalcis yra svarbiausia gyvūnų skeleto (kaulų, koralų, moliuskų kriauklių) dalis. Sutrikus kalcio apykaitai, gyvūnų jaunikliai ir vaikai suserga rachitu, suaugusieji – osteomaliacija, osteoporoze. Kai trūksta kalcio, suminkštėja kaulai, atsiranda rizika ir suaugusiesiems susirgti rachitu, skolioze. Vaikų skoliozę dar galima gydyti.

20
Ca
40,078

Sveikas kaulas



Osteoporozės paveiktas kaulas

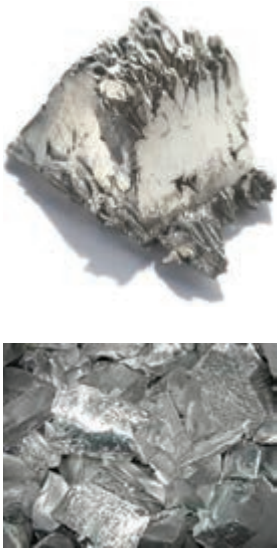
**170 pav.** Osteoporozė, rachitas ir skoliozė atsiranda dėl kalcio trūkumo

Kalcio yra įvairiuose maisto produktuose – rupaus malimo miltuose, kopūstuose, žemuogėse, kriaušėse, slyvose, piene bei jo produktuose ir kt. Kalcio šaltinis – pienas ir jo produktai, mineralinis vanduo, riešutai, saulėgrąžos, brokoliai, grūdai, jautiena, sardinės. Daugiausia kalcio turi fermentinis sūris. Kalcio kiekį organizme reguliuoja vitaminas D, prieskydinės ir skydinės liaukų hormonai.

**171 pav.** Maisto produktai – kalcio šaltinis

# 21. Skandis (Sc)

21
Sc
44,956



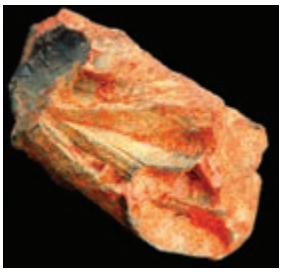

**172 pav.** Skandis

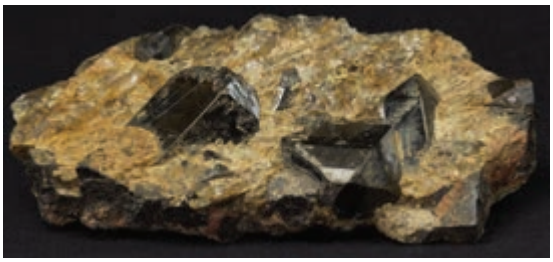
Skandis – minkštas, sidabriškai baltas, retas, tris kartus tankesnis už vandenį metalas. Pažeistas oro tampa gelsvas arba šviesiai rožinis. Šis elementas daugiau panašus į itrį ar retuosius metalus nei į arčiau esančius elementus. Atrado švedas Larsas Fredrikas Nilsonas (Upsalos universitetas) 1879 m. – ieškodamas retųjų žemių metalų ir euksenito, gadolinito mineraluose atrado naują elementą. Elementas pavadintas skandžiu pagal lotynišką Skandinavijos pavadinimą – *Scandia*. Iš 10 kg euksenito išgauta 2 gramai beveik gryno skandžio oksido ($Sc_2O_3$). Metalinis skandis pirmąkart buvo išgautas 1937 metais. Tą padarė vokiečių mokslininkai.

**173 pav.** Larsas Fredrikas Nilsonas

Skandis Žemėje teberandamas retuosiuose Skandinavijos ir Madagaskaro mineraluose – tortveitite,

21
Sc
44,956





**174 pav.** Euksenitas, tortveititas ir gadolinitas

euksenite, gadolinite. Kadangi Žemės plutoje jis yra tik 31-as, kartais yra klasifikuojamas kartu su itriu ir lantanoidais kaip retasis. Kita vertus, skandis Žemėje yra pasiskirstęs gana plačiai, tik susitelkęs labai mažais kiekiais daugiau kaip 800 mineralų. Pavyzdžiui, mėlyna berilio atmainos akvamarino spalva yra paveikta skandžio. Tortveititas yra vienas pagrindinių skandžio šaltinių. Urano rūdos susmulkinti likučiai taip pat yra svarbus gamtinis skandžio šaltinis.

Dėl reto skandžio pasiskirstymo mineraluose jis yra tarp brangiausių metalų. Gryno skandžio kaina svyruoja tarp 4,000 ir 20,000 JAV dolerių už kilogramą ir priklauso nuo paklausos konkrečiu metu.

Skandžiui degant ore spindinčia geltona šviesa susidaro jo oksidas. Skandžio cheminės savybės yra tarpinės tarp aliuminio ir itrio. Dauguma skandžio druskų yra baltos arba bespalvės.

**175 pav.** Skandžio druskos

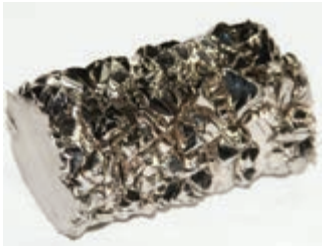
Grynas skandis komerciškai gaunamas skandžio oksidą paverčiant skandžio fluoridu ir redukuojant su kalciu. Skandžio oksido per metus sunaudojama apie 10–15 tonų. Iki 1970 m. skandis beveik nebuvo naudojamas, kol nebuvo pastebėtos puikios mechaninės aliuminio ir skandžio lydinių, kuriuose skandžio yra tik 0,1–0,5 %, savybės. Šie lydiniai naudojami aeronautikoje, iš jų gaminami puikios kokybės dviračiai, beisbolo ir kitų žolės žaidimų lazdos, žvejybos įrankiai. Skandis naudojamas šiuolaikinėse technologijose, pavyzdžiui, kietojo oksido kuro elementų elektrolitų sudėtyje, elektronikoje, karo pramonėje. Skandis yra kai kurių fosforų, naudojamų lazeriuose, šviestukuose, matricos sudėtyje. Skandžio jodido dedama į gyvsidabrio garų lempas, ir tai lemia šviesos šaltinių didelį šviesos efektyvumą, panašų į saulės šviesą.

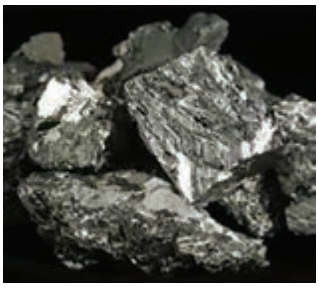
Elementinis skandis nėra toksiškas elementas, nors intensyvių tyrimų nėra atlikta. Jo yra nedaug ir jis nevaidina biologinio vaidmens.

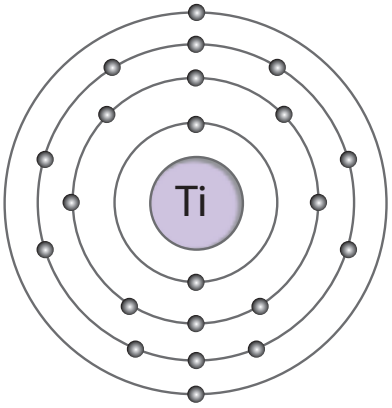
**176 pav.** Skandžio turinčių lydinių panaudojimas

22
Ti
47,88

# 22. Titanas (Ti)








**177 pav.** Titanas

Titanas yra devintasis pagal paplitimą cheminis elementas Žemėje (sudaro 0,63 % Žemės plutos masės) ir septintasis metalas. Tai blizgantis, sidabriškai pilkos spalvos, kalus, atsparus korozijai jūros vandenyje metalas. Su daugeliu kitų metalų sudaro lydinius. Yra žinoma apie 50 titano lydinių. Titanas panašus į geležį ir nikelį. Pakankamai atsparus neorganinėms rūgštims ir šarmams.

Titaną 1791 m. atrado geologas Williamas Gregoras (1761–1817) Didžiojoje Britanijoje kaip mineralo ilmenito ($FeTiO_3$) inkliuzą. Tirdamas smėlį jis aptiko jame geležies ir nežinomo metalo oksidus. Prūsijos chemikas Martinas Heinrichas Klaprothas (1743–1817) naują elementą pavadino titanu (pagal Titaną Graikijos mitologijoje). Metalinis titanas pirmą kartą išskirtas 1910 m. (Matthew A. Hunterio), tačiau nebuvo naudojamas iki 1932 m., kol Williamas Justinas Krollas pasiūlė ekonomišką metodą titanui gauti. Šis metodas ir dabar tebenaudojamas pramonėje.

**178 pav.** Williamas Gregoras ir Martinas Heinrichas Klaprothas

Titanas randamas daugelyje mineralinių nuosėdų (per 780), bet daugiausia rutile ($TiO_2$) ir ilmenite, taip pat anataze ($TiO_2$), brukite ($TiO_2$), perovskite ($CaTiO_3$) ir titanite ($CaO \cdot SiO_2 \cdot TiO_2$). Per metus iškasama apie 7 mln. tonų šių mineralų, iš kurių išgaunama apie 150 tūkst. tonų titano. Titano rasta meteorituose ir Mėnulio uolienų sudėtyje.

Titano dioksidas ($TiO_2$) yra pats svarbiausias titano junginys. Balti, netoksiški jo milteliai naudojami dažų pramonėje, kosmetikoje. Kitas svarbus pramonėje junginys yra titano chloridas ($TiCl_4$), kuris naudojamas katalizatoriumi, laisvam titanui ir titano junginiams gauti.

Kai kurių dūminių užtaisų veikimas pagrįstas $TiCl_4$ hidrolize drėgname ore, kurios metu išsiskiria druskos rūgštis:

$$\mathbf{Ti}Cl_4\mathbf{(s)} + \mathbf{2}H_2O \rightarrow \mathbf{Ti}O_2\mathbf{(k)} + \mathbf{4}HCl\mathbf{(d).}$$

Titano gavimas iš uolienų gana sudėtingas ir brangus procesas. Jo negalima gauti redukuojant anglimi, nes sudaro labai patvarų titano karbidą. Gaminamas miltelių ir įvairių formų pavidalo. Grynas titanas gaunamas $TiCl_4$ redukuojant magniu (Krollo metodas). Reakcija atliekama plieniniame inde. Po redukavimo Ti virsta kempine. Naudoti jį galima tik papildomai apdorojus ir išlydžius su kitais metalais:

$$\mathbf{Ti}Cl_4 + \mathbf{2}Mg \rightarrow \mathbf{Ti} + \mathbf{2}MgCl_2\mathbf{.}$$

Gavyba iš ilmenito yra brangesnė.

Titanas yra toks pat tvirtas kaip plienas, bet 45 % lengvesnis. Jis yra 60 % sunkesnis už aliuminį ir dvigubai tvirtesnis. Tvirtumą titanas praranda aukštesnėje

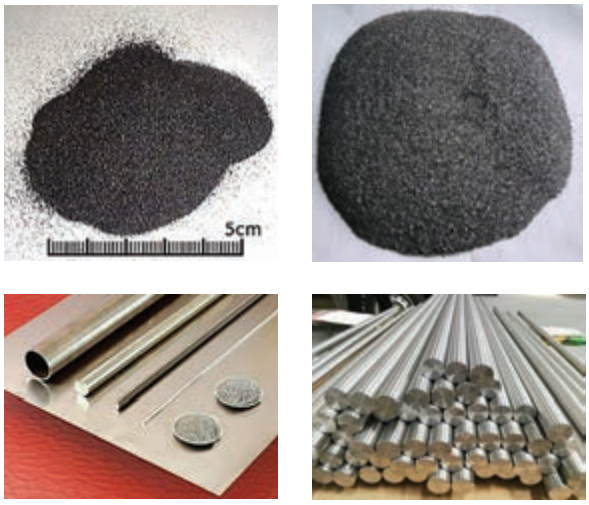
22
**Ti**
47,88

**179 pav.** Rutilas, ilmenitas, anatazas, brukitas, titanitas ir perovskitas

temperatūroje (per 430 °C). Jis paramagnetikas, blogas elektros ir šilumos laidininkas.

Titanas lengvai oksiduojasi ore (kaip aliuminis ir magnis) – susidaro titano dioksidas. Gali net užsidegti. Oksiduojasi ir lydiniuose. Dėl paviršiuje susidariusio oksido titanas atsparus rūgščių poveikiui (koroduoja tik koncentruotose rūgštyse). Titanas reaguoja su vandeniliu, anglimi, boru ir halogenais. Aukštoje temperatūroje deginant su azotu, susidaro titano nitridas, nulemiantis titano trapumą.

**180 pav.** Titano rasta Mėnulyje ir meteorituose




**181 pav.** Titano produktai: milteliai, plokštės, vamzdeliai, strypai

Titano oksido plėvelė praleidžia dujas ir neapsaugo gilesnių metalo sluoksnių nuo oksidacijos. Titano milteliai ir drožlės pavojingai dega, o gaisrui gesinti reikalingos specialiosios priemonės.

Titano pritaikymo sritys yra labai įvairios. Jis naudojamas lengvuose, mechaniškai atspariuose lydiniuose (dažniausiai su geležimi ir aliuminiu). Dėl mažo tankio, atsparumo korozijai ir mechaninio tvirtumo tokie lydiniai labai vertinami, todėl titanas naudojamas lėktuvų konstrukcijose, aeronautikoje, iš titano gaminami kaulų implantai, įvairi chemijos pramonės įmonių įranga, skirta naudoti agresyvioje aplinkoje (vamzdžiai, reaktoriai, siurbliai ir kt.). Labiausiai paplitęs junginys – titano dioksidas – naudojamas baltuose pigmentuose dažų, popieriaus, stiklo, keramikos ir kosmetikos pramonėje. Žmogaus kaulai titaną priima geriau nei kitus metalus ar lydinius, gerai prie jo priauga, todėl iš titano gaminami (ar juo dengiami) į kaulą tvirtinami ortopediniai ir dantų implantų varžtai. Tokie sraigtai gerai laikosi kaule net iki 30 metų.

Aukštoje temperatūroje titanas gerai sugeria įvairias dujas, įskaitant ir inertines, todėl titano milteliai kai kada naudojami kuriant itin gryną vakuumą, pvz., gaminant radijo lempas. Titanas sudaro lydinius su geležimi, aliuminiu, vanadžiu, variu, manganu, cirkoniu, nikeliu ir molibdenu. Visi jie naudojami aeronautikoje, karinėje, automobilių pramonėje, laivininkystėje ir kituose įvairiuose procesuose. Iš titano lydinių pagamintus aerodinaminius variklius, rotorius,

22
Ti
47,88

**182 pav.** Titanu padengti laikrodžiai

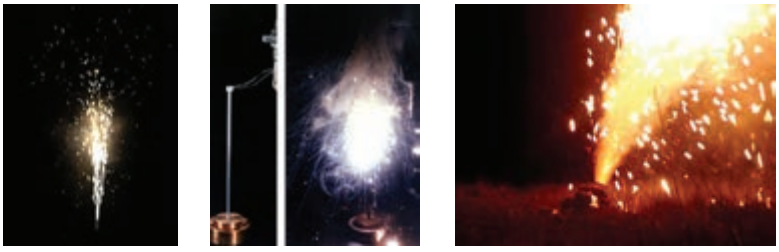
**183 pav.** Titano lydiniai

kompresorių mentes, hidraulinių sistemų komponentus naudoja lėktuvų pramonės milžinės „Boeing“ ir „Airbus“.

Titano milteliai dega ryškia šviesa, todėl naudojami pirotechnikoje.

**184 pav.** Iš titano lydinių gaminamos lėktuvų detalės

Kadangi titanas yra atsparus jūros vandens korozijai, jis naudojamas sraigto velenams, takelažui ir šilumokaičiams gėlinimo įrenginiuose gaminti. Iš jo lydinių gaminami šildytuvai-aušintuvai druskos vandens akvariumams, žūklės įrenginiai bei narų peiliai. Titano yra vandenynuose dislokuotų mokslinių ir karinių stebėjimo prietaisų korpusuose ir komponentuose. Titanas naudojamas vandens gėlinimo įrenginiuose, kurie jūros vandenį paverčia gėlu. Suvirinti titano vamzdžiai



**185 pav.** Titanas pirotechnikoje

**186 pav.** Titano akinių rėmeliai

ir kiti įrenginiai naudojami chemijos ir naftos pramonėje. Celiuliozės ir popieriaus pramonė naudoja titaną procesų įrangai, kurią veikia ėsdinanti terpė.

Titano lydinių yra lenktyninių automobilių, motociklų ar dviračių įvairiose dalyse – lengvesnės priemonės greičiau skrieja. Titanas naudojamas sporto inventoriuje (teniso raketės, golfo, kriketo, ledo ritulio lazdos, šalmų grotelės, dviračių rėmai ir kiti komponentai). Titano lydiniai naudojami akinių rėmeliams, kurie yra gana brangūs, bet labai patvarūs, ilgalaikiai, lengvi ir nesukelia odos alergijos. Nors titano produktai šiek tiek brangesni už tradicines plieno ar aliuminio alternatyvas, jie daug lengvesni, atsparesni ir patvaresni.

Iš titano gaminamos architektūrinės konstrukcijos, skulptūros, dekoratyvūs gaminiai, baldai, jubiliejinės monetos ir juvelyriniai dirbiniai. Gana paklausi yra titano ir aukso juvelyrika. Į kūną veriami žiedai irgi būna pagaminti iš titano ar jo lydinių.

Sintetinis $TiO_2$ yra bene didžiausią šviesos lūžio koeficientą turinti medžiaga, todėl plačiai naudojamas juvelyriniams dirbiniams kaip deimantų pakaitalas. Tai

**187 pav.** Architektūrinės konstrukcijos iš titano ir jo lydinių

**188 pav.** Titano juvelyriniai dirbiniai

ryškiai balta, neskaidri, inertinė ir netoksinė medžiaga. Dėl šių savybių ir gana nedidelės kainos $TiO_2$ dabar naudojamas baltų statybinių ir tapybos dažų gamybai. Jis beveik išstūmė kitą baltą pigmentą – toksišką bazinį švino karbonatą, arba švino baltalą. Titano oksido dedama į plastikus, apsauginius kremus nuo saulės įdegio.

Jau minėta, kad titanas ir jo lydiniai pasižymi puikiu biosuderinamumu su žmogaus organizmu (netoksiškas ir neatmetamas organizmo). Jis naudojamas chirurginiams įrankiams, įvairiems rutuliniams, lizdiniams implantams vietoj kelio ar klubo sąnario gaminti, iš jo gaminamos plokštuminės detalės lūžusioms ar operuotoms kaulo vietoms sukabinti ir pailgi dantų implantai. Šie implantai žmogaus organizme gali likti iki 20–30 metų. Titanas dažnai yra legiruotas su 4 % aliuminio arba 6 % Al ir 4 % vanadžio. Kadangi titanas nėra magnetinis, asmenys su

**189 pav.** Titano dioksido pigmentai ir dažai

**190 pav.** Titano chirurginiai instrumentai

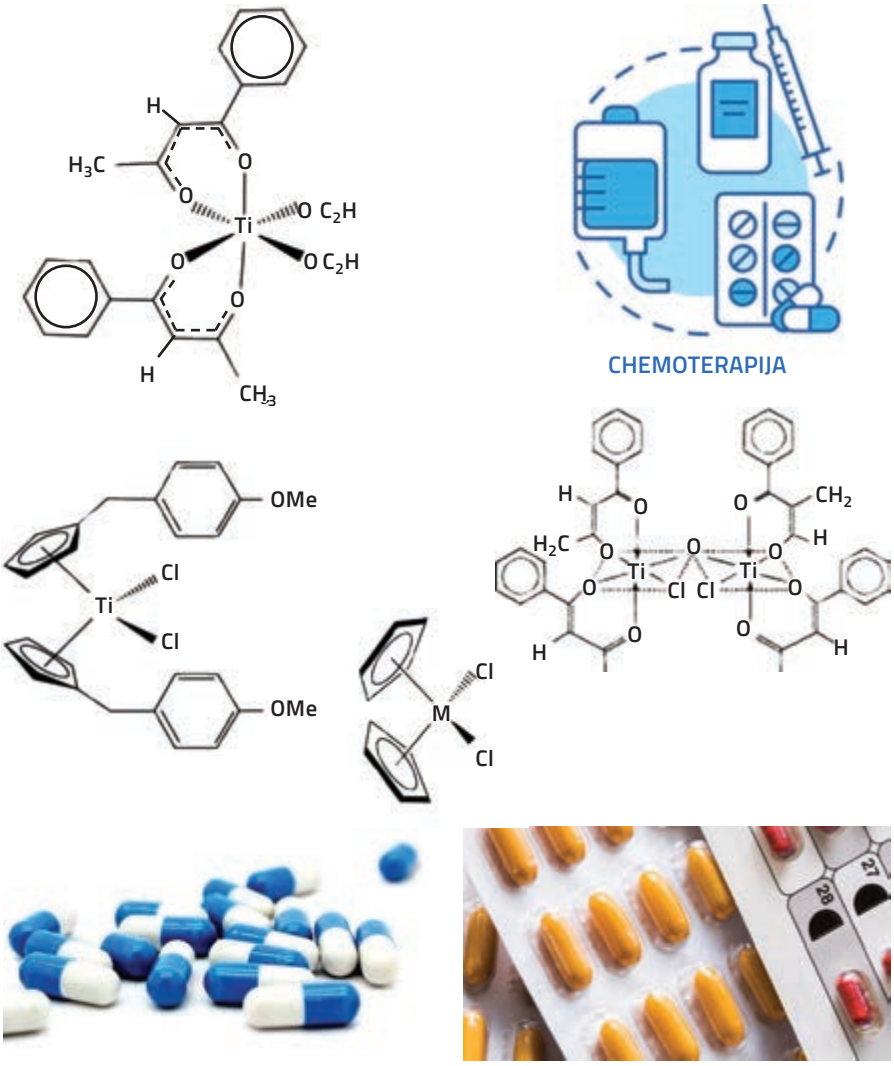
**191 pav.** Titano varžtai ir implantai

**192 pav.** Radioaktyviųjų atliekų titano konteineriai

tokiais implantais gali būti saugiai tiriami branduolių magnetinio rezonanso metodu. Kai implantas yra iš nerūdijančio plieno, to daryti negalima.

Iš titano lydinių gaminami neįgaliųjų vežimėliai, ramentai ir kiti medicininės paskirties produktai, kai pageidautinas didelis stiprumas ir maža masė. Titano konteineriuose laikomos radioaktyviosios atliekos. Titanas nėra toksiškas ir, atrodytų, nevaidina jokio biologinio vaidmens, nors žmogaus organizme jo yra nemažai. Pastovus titano kiekis žmogaus organizme rodo, kad jis yra gyvybiškai svarbus. Deja, eksperimentiškai nenustatyta, kokiuose metaboliniuose procesuose jis dalyvauja. Kai kurie kompleksiniai titano junginiai pasižymi ir priešvėžiniu veikimu, pavyzdžiui, titanocenodichloridas aktyviai veikia įvairias skrandžio, krūtų

karcinomas, tačiau neveikia galvos, kaklo karcinomų. Sintetinami ir tiriami vis nauji titano kompleksiniai junginiai vėžiui gydyti.




**193 pav.** Titano kompleksiniai junginiai – priešvėžiniai vaistai

# 23. Vanadis (V)

**194 pav.** Vanadis

Vanadis – minkštas, metališko blizgesio, kalus, elektrai laidus metalas. Jis atsparus korozijai ir rūgščių poveikiui. Kaip ir titano atveju, vanadžio paviršiuje susidaro vanadžio oksido pasyvacinis sluoksnis, sustabdantis tolesnę metalo oksidaciją. Vanadis sudaro nedidelę Žemės plutos masės dalį.

Vanadį 1801 m. atrado Ispanijos ir Meksikos mineralogas Andrés Manuelis del Rio (1764–1849), tačiau atradimas dar ilgai nebuvo patvirtintas. 1831 m. vanadį atrado ir švedų mokslininkas Nilsas Gabrielis Sefströmas (1787–1845). Taigi vanadis buvo atrastas du kartus. Elementas buvo pavadintas Skandinavijos deivės Frėjos garbei (Vanadė – vienas jos vardo sinonimų; vanų deivė). Ši deivė

23
V
50,942

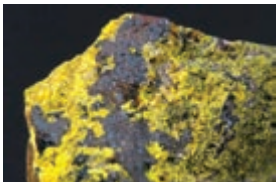
**195 pav.** Andrés Manuelis del Rio ir Nilsas Gabrielis Sefströmas

simbolizuoja grožį ir derlingumą, kaip ir daugelis spalvingų vanadžio junginių. Nors buvo siūlymų elementą pavadinti pirmojo atradėjo garbei „rionium“, jis nebuvo priimtas. Pirmą kartą grynas vanadis buvo izoliuotas 1869 m., o efektyvesnis jo gavimas iš vanadžio oksido ($V_2O_5$) pasiūlytas tik 1927 metais. Metalinio vanadžio sintezė yra daugiapakopis procesas.

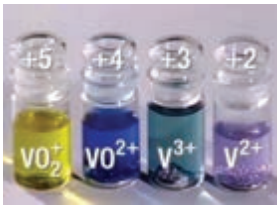
Vanadis randamas mineraluose – vanadinite ($Pb_5(VO_4)Cl_3$), patronite ($V_2S_5$) ir karnotite ($U_2O_3 \cdot V_2O_5 \cdot K_2O \cdot 3H_2O$). Nedideli jo kiekiai randami 65 mineraluose ir kai kuriose akmens anglies rūšyse (ypač gausu Peru). Per metus pagaminama apie 80 000 tonų vanadžio. Vanadilo jonų yra jūros vandenyje, mineralinio vandens šaltiniuose, pavyzdžiui, geizerių netoli Fuji kalno vandenyje yra net 54 μg/l vanadžio.

Vanadis tirpaluose sudaro įvairios sudėties ir įvairių spalvų kompleksinius junginius.

Cheminės savybės įvairios, kadangi vanadžio oksidacijos laipsnis gali kisti nuo +2 iki +5. Vienas svarbiausių junginių yra $V_2O_5$. Dažnai vanadžio junginiai egzistuoja kaip vanadilo $VO^{2+}$ junginiai. Vanadžio pentoksidas naudojamas kaip katalizatorius sieros rūgšties bei kitų junginių gavimo procesuose, stiklo gamyboje.



**196 pav.** Vanadinitas, patronitas ir karnotitas

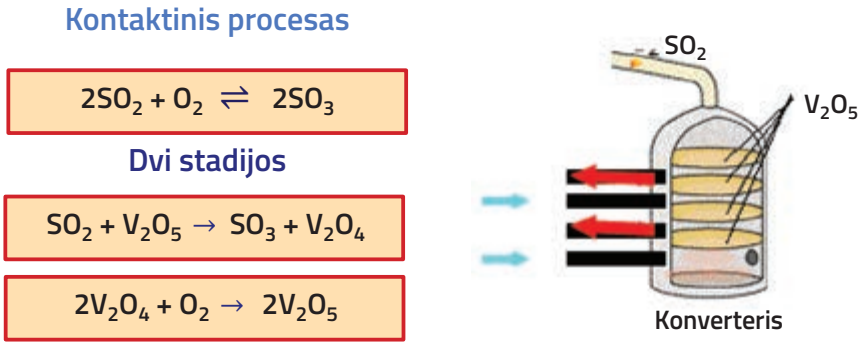


23
V
50,942

**197 pav.** Vanadžio junginiai vandeniniuose tirpaluose

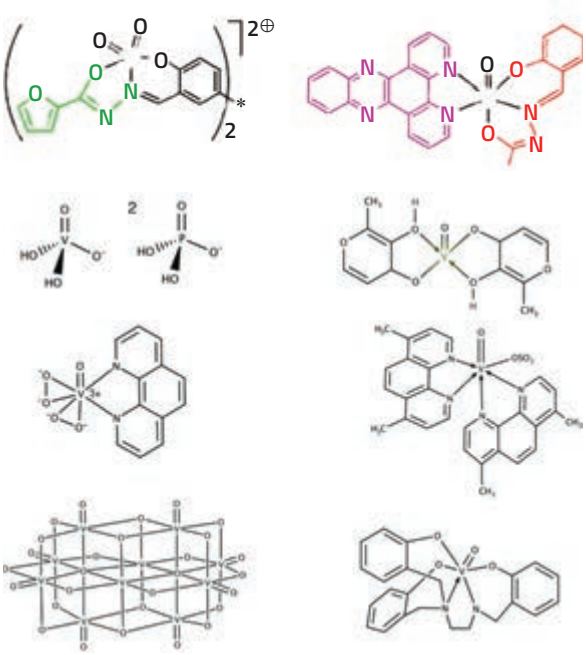
Vanadis ir jo junginiai plačiai naudojami chemijos pramonėje, metalurgijoje, automobilių pramonėje. Pirmasis reikšmingesnis vanadžio pritaikymas yra siejamas su jo lydinio su geležimi panaudojimu Ford automobiliuose 1905 metais. Vanadžio lydinys su geležimi, kuriame būna iki 25 % vanadžio, kartais vadinamas ferovanadžiu. Jam pagaminti sunaudojama apie 85 % viso pagaminto vanadžio. Iš šio lydinio gaminami įrankiai, dviračių rėmai, ašys, automobilių alkūniniai velenai, pavaros, stūmoklių strypai ir kiti svarbūs komponentai. Vanadis naudojamas juvelyrikoje. Yra žinomas vanadžio panaudojimas ličio baterijose. Vanadžio pėdsakai dyzeliniuose degaluose aukštoje temperatūroje ardo plieno pasyvacinį sluoksnį ir sukelia koroziją.

Vanadis nevaidina biologinio vaidmens, nors žmogus kasdien gauna apie 0,01 mg vanadžio. Pastebėta, kad trūkstant vanadžio sulėtėja žiurkių augimas. Vanadžio dulkės smarkiai dirgina kvėpavimo takų gleivinę, sukelia bronchų




**198 pav.** Vanadžio pentoksidas naudojamas kaip katalizatorius sieros rūgšties gamybos procese

**199 pav.** Ferovanadis ir jo panaudojimas



**200 pav.** Vanadžio junginiai, pasižymintys kai kuriais insulino veikimo efektais

raumenų spazmus, apsunkina kvėpavimą. Vanadatai ir vanadilo junginiai vartojami kaip insulino pakaitalai. Jie stimuliuoja gliukozės įsisavinimą, oksidaciją bei glikogenų sintezę.

# 24. Chromas (Cr)

24
Cr
51,996

**201 pav.** Chromas

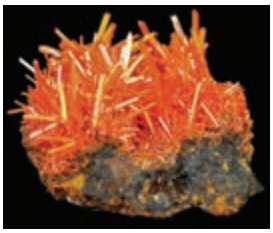
Chromas – kietas, baltai pilkšvas, blizgantis, atsparus korozijai metalas. Jis yra 13-asis pagal paplitimą Žemėje elementas. Grynu chromu galima raižyti stiklą. Chromas yra pagrindinis nerūdijančio plieno komponentas. Nepraranda blizgesio net ir ilgai poliruojamas. Poliruotasis chromas atspindi beveik 70 % regimosios šviesos ir beveik 90 % infraraudonųjų spindulių spektro.

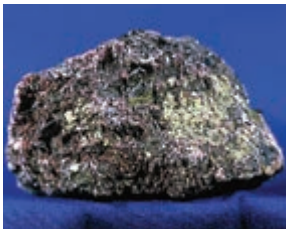
Chromą 1797 m. atrado prancūzų farmacininkas ir chemikas Louis Nicolas Vauquelinas (1763–1829). Jis krokoito uolieną veikė druskos rūgštimi ir gavo chromo oksidą ($CrO_3$). Kaitindamas oksidą sugebėjo izoliuoti gryną metalą. Chromo pėdsakų jis dar aptiko rubino ir smaragdo brangakmeniuose.

**202 pav.** Louis Nicolas Vauquelinas

Elemento pavadinimas kilęs iš graikų kalbos žodžio *chrōma* (spalva), nes daugelis chromo junginių yra spalvoti. Rasti archeologiniai ginklai, kurie tikriausiai

24
Cr
51,996





**203 pav.** Krokoitas ir chromitas

buvo palaidoti daugiau nei prieš du tūkstantmečius, buvo labai mažai paliesti korozijos. Bronzinius antgalius dengė plonas chromo oksido sluoksnis. Taigi chromas buvo žinomas jau gilioje senovėje. XVIII a. kilo susidomėjimas chromo mineralais kaip pigmentais. Krokoitas ($PbCrO_4$) buvo pagrindinis chromo šaltinis pigmentuose prieš atrandant chromitą ($FeCr_2O_4$).

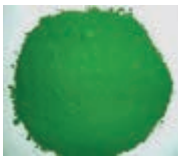
XIX a. chromo junginius naudojo ne tik kaip pigmentus, bet ir odos šikšninimui. 1827 m. netoli Baltimorės (Jungtinės Amerikos Valstijos) buvo aptikti dideli chromito klodai. JAV tapo didžiausiu chromo produktų gamintoju iki 1848 m., kai šalia Bursos miesto (Turkija) buvo aptikti dar didesni chromito kiekiai.

Chromas gaunamas aliumotermiškai iš chromo ochros ($Cr_2O_3$):

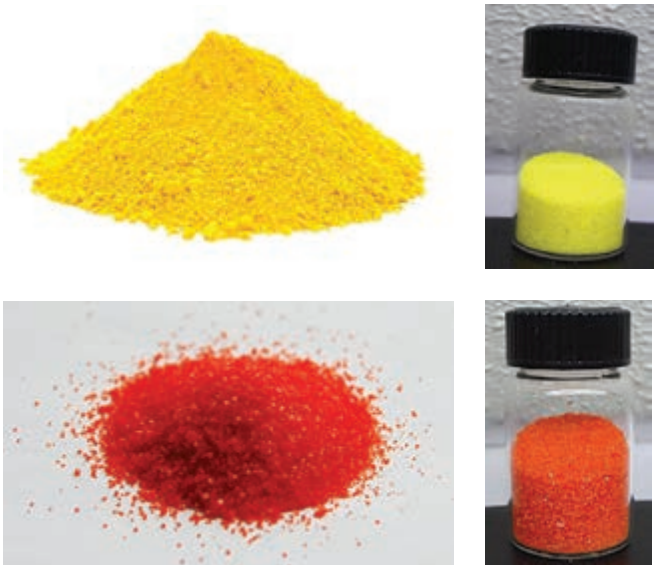
$$Cr_2O_3 + 2Al \rightarrow Al_2O_3 + 2Cr.$$

Kasmet pagaminama kelios megatonos chromo. Didžiausia gamintoja yra Pietų Afrikos Respublika.

Chromas labai kietas metalas (pagal Mohso skalę kietumas yra 8,5). Pagal kietumą jis trečias elementas po deimanto (anglis) ir boro. Chromo (6+) junginiai yra daug stipresni oksidatoriai nei molibdeno (6+) ar volframo (6+) junginiai. Chromas labai atsparus šlifavimui, todėl gali apsaugoti nuo korozijos varį, magnį ar aliuminį. Būdingas labai didelis atspindys ir unikalios magnetinės savybės. Tai vienintelis kietas elementas, kuris kambario temperatūroje pasižymi antiferomagnetinėmis



**204 pav.** Chromo oksidas ($Cr_2O_3$)



**205 pav.** Chromatas (viršuje) ir dichromatas (apačioje)

**206 pav.** Chromato (geltonas, $CrO_4^{2-}$) ir dichromato (oranžinis, $Cr_2O_7^{2-}$) jonų tirpalai

**207 pav.** Nerūdijantis plienas

24
Cr
51,996

savybėmis. Dėl oksidacijos ant chromo paviršiaus irgi susidaro pasyvacinė plėvelė. Pasyvacija gali būti sustiprinta palaikius chromą azoto rūgštyje. Pasyvuotas chromas nereaguoja su koncentruotomis rūgštimis.

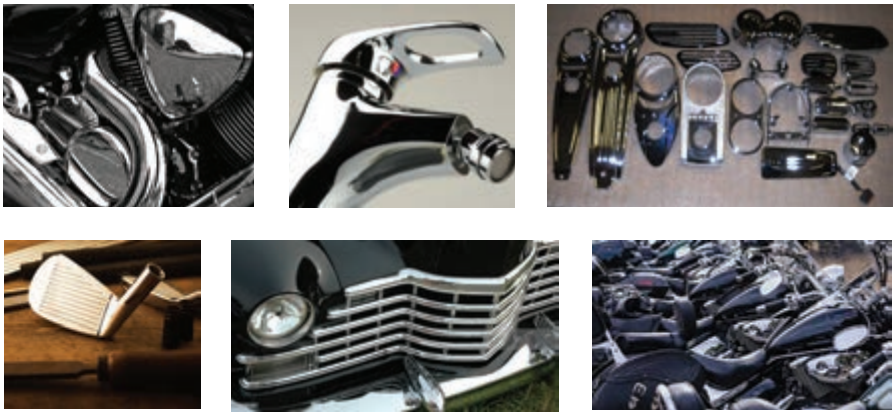
Chromo chemija yra sudėtinga, nes egzistuoja kelių oksidacijos laipsnių junginiai. Stabiliausi yra +3 (nitratas, acetatas, sulfatas, oksidas) ir +6 (chromatai, oksidas) oksidacinės būsenos junginiai. Tirpaluose chromatai ir dichromatai egzistuoja pusiausvyroje priklausomai nuo pH vertės:

$$2[CrO_4]^{2-} + 2H^+ \rightleftharpoons [Cr_2O_7]^{2-} + H_2O.$$

Šarminėje terpėje vyrauja $CrO_4^{2-}$, o rūgštinėje – $Cr_2O_7^{2-}$ jonai.

Kadangi chromo danga yra atspari korozijai ir blizganti, chromuojamos įvairios automobilių dalys, stalo įrankiai, santechninė įranga, baldų dalys ir daug kitų dirbinių. Elektrocheminis chromavimas pradėtas taikyti nuo 1924 metų. Apie 85 % chromo sunaudojama lydiniams su kitais metalais gauti. Chromas yra plieno legiruojantis priedas, sustiprinantis kietumą bei atsparumą korozijai, neatskiriama nerūdijančio plieno dalis. Populiariausi chromo lydiniai yra su geležimi (nerūdijantis plienas,

**208 pav.** Indai iš nerūdijančio plieno



**209 pav.** Dekoratyvinė chromo danga

ferochromas; Cr ≥ 11 %) ir nikeliu (inkonelis; Cr ≥ 11,8 %; nichromas; Cr ≥ 25 %). Žinomi lydiniai su aliuminiu, kobaltu, vanadžiu, volframu, pavyzdžiui, stelitas (chromo, kobalto ir volframo lydinys) naudojamas chirurginiams instrumentams gaminti.

Mineralas kokoitas naudojamas kaip geltonasis pigmentas, tačiau dėl susidarančio chromo oksido laikui bėgant jis tamsėja. Šio pigmento pagrindu pagamintais dažais nudažyti mokykliniai autobusiukai (JAV) ar pašto dėžės (Vokietija). Yra

**210 pav.** Chromo geltonasis pigmentas

24
Cr
51,996

**211 pav.** Kalio chromo alūnas

žinomas ir chromo raudonasis ($PbCrO_4 \cdot Pb(OH)_2$) pigmentas. Chromo žaliasis yra Berlyno mėlynojo ir chromo geltonojo mišinys, o chromo oksido žaliasis – tik chromo (+3) oksidas. Šie pigmentai taip pat yra naudojami keramikai ir stiklui spalvinti.

Toksiškos chromo (6+) druskos naudojamos medienai konservuoti: ji apsaugojama nuo puvimo, grybų, vabzdžių, įskaitant termitus, ir nuo jūrinių moliuskų. Kalio chromo alūnas naudojamas odai šikšninti.

Didelis atsparumas karščiui ir aukšta lydymosi temperatūra leidžia chromitus ir chromo (III) oksidą naudoti aukštose temperatūrose (aukštakrosnėse, cemento krosnyse, plytų deginimo formose, metalų liejimo krosnyse). Kai kurie chromo junginiai naudojami įvairių reakcijų katalizatoriais, magnetinių juostų gamyboje, gręžimo skysčiuose, poliruokliuose, laboratorinių indų plovikliuose, tekstilei tekstūruoti ir kitur. Nuodingiausi yra šešiavalenčio chromo junginiai, be to, neseniai įrodyta, kad jie yra kancerogenai, galintys sukelti plaučių, skrandžio vėžį. Ypač pavojingi įkvėpus. Sukelia alergines reakcijas. Gali sukelti dermatitą, odos išopėjimus. Dėl chromo biologinio vaidmens dar tebediskutuojama.

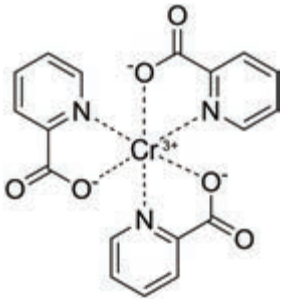
**212 pav.** Chromas (VI) veikia žuvų elgseną

**213 pav.** Chromo papildai

Manoma, kad trūkstant chromo gali sutrikti gliukozės įsisavinimas. Kadangi jis sustiprina insulino aktyvumą, chromo papildus dažnai vartoja sportininkai. Manoma, kad šis mikroelementas padeda deginti riebalus, greitina medžiagų apykaitą ir mažina norą smalžiauti. Rekomenduojama chromo paros norma – 100–300 µg. Chromo junginiai patenka į organizmą pro kvėpavimo takus ir odą, kaupiasi kepenyse, inkstuose ir endokrininėse liaukose.

Įrodytas chromo (6+) poveikis žuvų elgsenai (fiziologijai, dauginimuisi ir išgyvenimui). Užterštoje aplinkoje jos darosi hiperaktyvios ir keistai plaukioja.

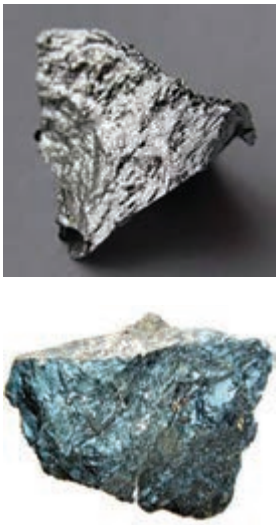
Chromo junginiai – insulino pakaitalai – aktyvina insulino veikimą, padeda įsisavinti gliukozę.




**214 pav.** Chromo junginys – insulino pakaitalas

25
Mn
54,938

# 25. Manganas (Mn)




**215 pav.** Manganas

Manganas – sidabro baltumo trapus metalas, išvaizda panašus į geležį. Pagal paplitimą Žemės plutoje jis yra 12-asis elementas, nemagnetinis. Laisvo mangano gamtoje nėra, aptinkamas tik įvairiuose junginiuose. Daug yra įvairiuose geležies mineraluose. Naudojamas nerūdijančio plieno gamyboje.

Manganas yra pavadintas Magnesia regiono Graikijoje garbei; taip pat buvo pavadintas magnis ir mineralas magnetitas. Ten buvo rasta mineralų, kuriuos vadino *magnes*. Ir tik viename iš jų, kuris neturėjo magnetinių savybių, buvo aptiktas manganas. XVI a. šis mineralas – mangano dioksidas (*magnesia negra*) – buvo vadinamas *manganezu*, nes reikėjo atskirti jį nuo *magnesia alba* (magnio oksidas). Iš manganezo išgautas metalas pavadintas manganu, o iš magnesia mineralo gerokai vėliau išgautas metalas – magniu. Taigi akivaizdu, kad mangano pavadinimo kilmė yra sudėtinga. XVIII a. viduryje Švedijos chemikas Carlas Wilhelmas Scheele'ė žinojo, kad minerale piroliuzite (dabar žinomas kaip mangano dioksidas) yra naujas elementas, tačiau jo negalėjo išskirti. Švedų

mokslininkas Johanas Gottliebas Gahnas (1745–1818) pirmasis 1774 m. išskyrė nešvarų metalinio mangano mėginį.

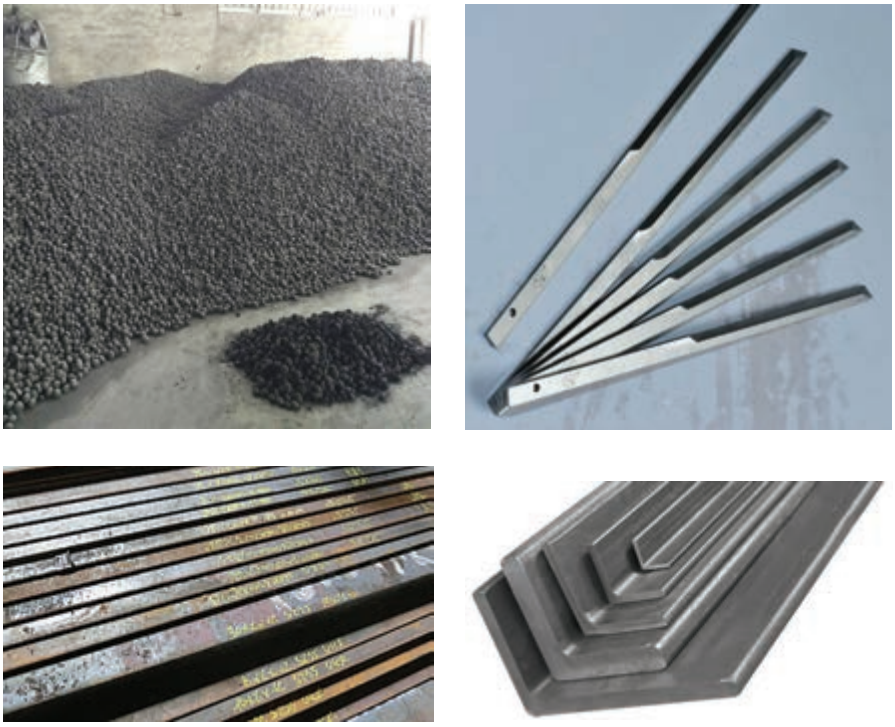
**216 pav.** Johanas Gottliebas Gahnas

Mangano dioksidas jau buvo naudojamas alchemikų eksperimentams. Ignatius Gottfriedas Kaimas (1770) ir Johannas Glauberis (XVII a.) nustatė, kad mangano dioksidą galima paversti permanganatu, kuris yra labai naudingas laboratorinis reagentas. Iki XVIII a. vidurio Carlas Wilhelmas Scheele'ė chloro gamybai naudojo mangano dioksidą. Buvo gaminamas ne tik chloras, bet ir hipochloritas (balinimo medžiaga). Iš Graikijoje naudojamų geležies rūdų pagamintas plienas buvo labai kietas (Spartano plienas) – jau tada kilo įtarimų, kad tame pliene yra papildomas metalas. Tik 1816 m. buvo įrodyta, kad geležis, legiruota su manganu, yra daug tvirtesnė. 1837 m. pastebėta, kad kalnakasiai, kasantys mangano turinčias rūdas, dažniau sirgo Parkinsono liga. 1912 m. mangano fosfatinės dangos pripažintos kaip saugojančios nuo korozijos.

Gamtoje manganą galima rasti piroliuzito ($MnO_2$), hausmanito ($MnO \cdot Mn_2O_3$), braunito ($Mn_2O_3$), manganito (MnOOH), rodochrozito (mangano špatas, $MnCO_3$) mineraluose. Mangano resursai yra nemaži, tačiau labai pasiskirstę įvairiose rūdose. Apie 80 % visų mangano rūdų yra Pietų Afrikoje.

**217 pav.** Piroliuzitas, hausmanitas, braunitas, manganitas ir rodochrozitas

25
Mn
54,938



**218 pav.** Feromangano rūda, lydiniai ir gaminiai

Feromangano lydiniui gauti (mangano kiekis svyruoja nuo 30 iki 80 %) mangano ir geležies rūdų mišinys maišomas su anglimi ir redukuojamas aukštakrosnėse. Grynas manganas taip pat gaunamas karbotermiškai iš mangano oksido ir naudojamas lydiniams su kitais metalais.

Manganas lėtai oksiduojasi ore (pajuoduoja). Mangano chemija irgi yra gausi ir sudėtinga, nes galimos kelios stabilios oksidacinės būsenos (+2, +3, +4, +6 ir +7). Pagrindinis mangano panaudojimas yra metalurgija. Mangano fosfatavimas naudojamas plienui nuo korozijos apsaugoti. Manganas sudaro antikorozinius lydinius ir su aliuminiu. Mangano druskos naudojamos kaip pigmentai. Mangano dioksidas naudojamas kaip katodo medžiaga cinko ir anglies bei šarminėse baterijose – šiam tikslui kasmet sunaudojama per 200 000 tonų mangano dioksido. Gamyboje daugiausia naudojami baziniai mangano oksidai (MnO, $MnO_2$, $Mn_2O_3$), mangano chloridas ($MnCl_2$), mangano sulfatas ($MnSO_4$), kalio

**219 pav.** Mangano pigmentai

permanganatas ($KMnO_4$). Manganas (jo oksidai ir druskos) naudojamas plieno, gumos, keramikos, stiklo pramonėje, elektros suvirinimo elektrodų fliusams, sausiesiems elementams, dažams gaminti. Kalio permanganatas – labai stiprus oksidatorius, plačiai naudojamas pramonėje, kaip antiseptikas – medicinoje.

Nors manganas yra visiems žinomiems gyviems organizmams reikalingas mikroelementas, tačiau didesni kiekiai yra žalingi. Ypač įkvėpus jis gali sukelti manganizmą – žinduolių neurologinį pažeidimą, kuris kartais yra neišgydomas. Didžiausias apsinuodijimo pavojus kyla mangano rūdos kasyklose, plieno lydymo gamyklose, taip pat atliekant plieno suvirinimo elektra darbus. Manganas labiausiai pažeidžia nervų sistemą. Simptomai primena Parkinsono ligą. Vis

**220 pav.** Kalio permanganatas

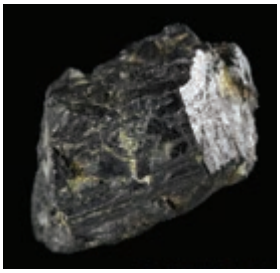
25
Mn
54,938

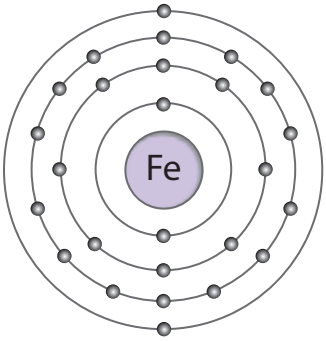
**221 pav.** Mangano baterijos

dėlto manganas yra mažiau kenksmingas už nikelį ar varį. Maksimaliai leidžiama mangano koncentracija darbo patalpose – 0,3 mg/m$^3$. Žmogaus organizme yra apie 12 mg mangano, daugiausia kauluose.

# 26. Geležis (Fe)

26
Fe
55,845



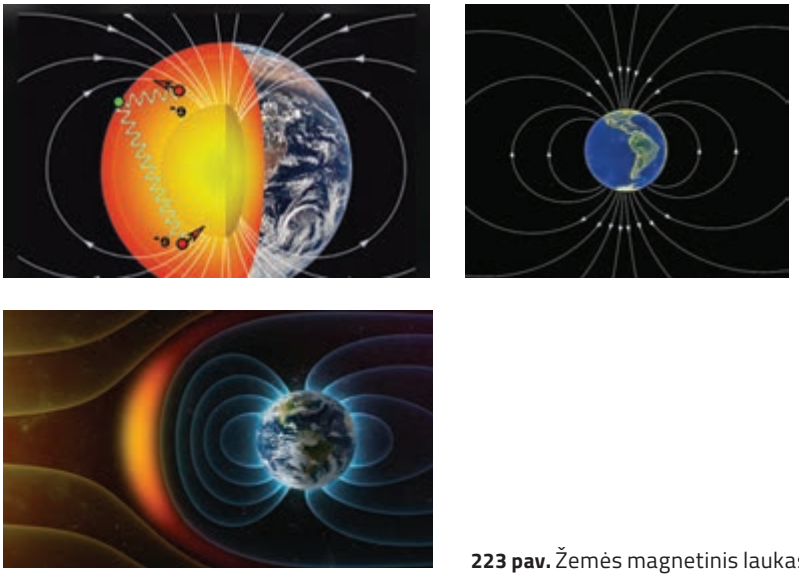



**222 pav.** Geležis

Geležis – sidabriškai pilkas, plastiškas, kalus, blizgus, neatsparus korozijai metalas. Žemės plutoje – antras metalas ir ketvirtasis elementas pagal gausumą, sudaro 4,65 % Žemės plutos masės. Tačiau grynos geležies gamtoje nėra daug, tik meteorituose. Manoma, kad didelė geležies koncentracija labiausiai veikia magnetinį Žemės lauką.

Pirmos žinios apie geležies panaudojimą mus pasiekė iš Egipto ir Šumerų civilizacijų, kur apie 4 000 m. pr. m. e. iš meteoritų liekanų buvo gaminami smulkūs daiktai (strėlių antgaliai, ornamentai). Apie 3 000–2 000 m. pr. m. e. Mesopotamijoje, Egipte naudota ne meteoritinės kilmės lydyta geležis. Geležis tuomet buvo brangesnė už auksą. Nuo XII iki X a. pr. m. e. Artimuosiuose Rytuose varinius, bronzinius įrankius ir ginklus sparčiai keitė geleziniai. Šis laikotarpis laikomas pereinamuoju iš bronzos į geležies amžių.

Manoma, kad geležies pavadinimas kilęs iš senosios anglų kalbos žodžio *iren*. Kadangi geležis žinoma labai seniai, tai ir jos pavadinimai skirtingose valstybėse

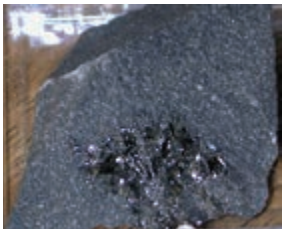


**223 pav.** Žemės magnetinis laukas

yra skirtingi. Cheminio simbolio Fe šaltinis yra lotyniškas žodis *ferrum*, kuris galbūt kilęs iš semitų kalbos. Baltų ir slavų geležies pavadinimai (pvz., rusų *zhelezo*, lenkų *żelazo*, lietuvių „geležis“) yra vieninteliai kildinami iš indoeuropiečių *ghelgh* – geležis. Geležies gavyba baltų teritorijoje pradėta I tūkstantmečio pr. m. e. pabaigoje. O geležies lydymo krosnies liekanų aptikta IV amžiuje. Tokiose krosnyse geležį lydydavo iš vietinės pelkių rūdos (kelių geležies mineralų mišinys) su medžio anglimis. Lietuvoje daug geležies rūdos randama prie Varėnos.

Svarbiausi geležies mineralai yra hematitas ir magnetitas. Iš geležies rūdos gaunami geležies ir anglies lydiniai – ketus ir plienas. Gryna geležis išgaunama perdirbant hematito ($Fe_2O_3$) ir magnetito ($Fe_3O_4$) rūdas aukštoje temperatūroje (iki

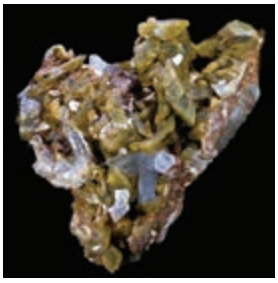
**224 pav.** Geležies amžiaus radiniai



**225 pav.** Hematitas, magnetitas ir viustitas

1 500 °C). Mažesni geležies kiekiai randami viustito (FeO) ir siderito ($FeCO_3$) rūdose. Reikšmingas geležies kiekis yra sulfidinėje rūdoje pirite ($FeS_2$). Magnetitas – pats „magnetiškiausias“ mineralas Žemės plutoje. Hematitas pasižymi gydomosiomis savybėmis.

1709 m. buvo išrasta aukštakrosnė ketui gaminti. Atpigus geležiai, joje buvo gaminamos įvairios konstrukcijos. Pirmasis geležinis tiltas, pastatytas 1778 m. Anglijoje, simbolizavo pramoninę to amžiaus revoliuciją. Prasidėjo geležinkelių, laivų, akvedukų, pastatų statyba ir gamyba. Geležinkeliai tuo metu buvo siejami su šiuolaikiškumu, pažangiomis idėjomis. Įvairiose kalbose (pvz., prancūzų, ispanų, italų ir vokiečių) geležinkeliai buvo vadinami geležiniais keliais. Plienas pirmą kartą pagamintas irgi senovėje. Apie 1 000 m. pr. Kr. Vakarų Persijos kalviai padarė gerą plieną. Vėliau buvo sukurtas „Damasko“ plienas. Iki 1850 m. plienas buvo pagrindinė prekė. 1850 m. pabaigoje Henry'is Bessemeris, pūsdamas orą pro išlydytą geležį, išrado naują plieno gamybos procesą. Geležis būna trijų alotropinių atmainų, kurios viena nuo kitos skiriasi kristaline struktūra, arba magnetinėmis savybėmis: αFe – stabili iki 910 °C temperatūros, γFe – nuo 910 °C iki 1 400 °C, δFe – nuo 1 400 °C iki 1 539 °C.



**226 pav.** Sideritas ir piritas

26
**Fe**
55,845

**227 pav.** Geležinis tiltas, geležinkelis, akvedukas

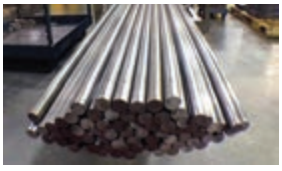
Iki 769 °C geležis yra feromagnetikas, o kai temperatūra aukštesnė – paramagnetikas. Galima gauti įvairių savybių geležies lydinių su anglimi ir kitais metalais.

Nedideliais kiekiais gryna miltelių pavidalo geležis gaunama 300 °C temperatūroje skaidant karbonilą $Fe(CO)_5$ amoniako terpėje arba geležies oksidus redukuojant vandeniliu 500–600 °C temperatūroje. Labai gryna geležis gaunama elektrolizės arba zoninio lydymo būdu:

$$Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2,$$

$$2Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 4Fe + 3CO_2,$$

$$Fe_2O_3 + CO + 2H_2 \rightarrow 2Fe + CO_2 + 2H_2O,$$



**228 pav.** Plienas

**229 pav.** Geležies pramoninė gamyba

$Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow 2Fe + Al_2O_3$.

Kasmet pasaulyje pagaminami milžiniški geležies kiekiai. Pramonėje geležis arba plienas gaunami dviem stadijomis: iš pradžių geležies rūda redukuojama koksu aukštakrosnėje ir išlydytas metalas atskiriamas nuo šlamo, antroje stadijoje jau gaunamas ketus, plienas, gryna geležis ar įvairūs kiti jos lydiniai.

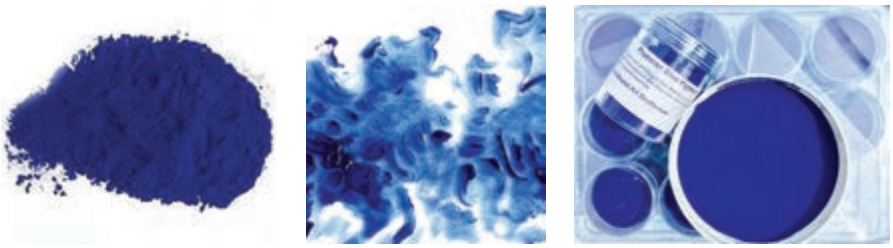
Egzistuoja dvi stabilios oksidacinės geležies būsenos – +2 ir +3. Korozijos metu ant paviršiaus susidaręs geležies oksidas nėra pasyvacinis sluoksnis, kaip kitų metalų atveju. Susidariusios rūdys atšoka nuo metalo paviršiaus. Geležis reaguoja tik su praskiestomis rūgštimis:

$Fe + 2HX \rightarrow FeX_2 + H_2$ (X = F, Cl, Br, I).

Reaguodama su chloru ji oksiduojasi iki +3 būsenos:

$2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$.

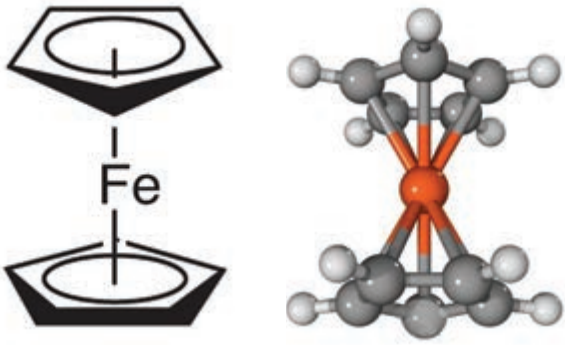
Labai įdomus geležies junginys yra Berlyno mėlynasis (*Prussian blue*) – tai geležies cianidinis kompleksas $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$, labai paplitęs mėlynasis pigmentas. Ne mažiau svarbus šiuolaikinėse technologijose yra geležies pentakarbonilas –



**230 pav.** Berlyno mėlynasis

neutralus geležies atomas, susijungęs su penkiomis CO molekulėmis $Fe(CO)_5$. Teoriniu požiūriu labai svarbus ferocenas, sumuštinio tipo junginys, atrastas 1951 metais.

Geležis ir jos lydiniai yra plačiausiai naudojamas metalas (sudaro 95 % visų metalinių gaminių masės). Toks populiarumas susijęs su geležies santykiniu pigumu ir tvirtumu, dėl kurio ją galima panaudoti įvairiose srityse, įskaitant automobilių pramonę, laivų statybą, statybinių konstrukcijų gamybą. Svarbūs yra geležies sulfatas ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), chloridas ($FeCl_3$), Mohro druska ($(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$). Geležies pagrindu kuriamos naujos medžiagos, atsparios aukštai arba žemai temperatūrai, vakuumui ar dideliam slėgiui, agresyvioms aplinkoms, didelėms kintamoms apkrovoms, jonizuojantiems spinduliams. Didžiausias geležies ar plieno panaudojimo trūkumas – korozija. Rūdžių – $Fe(OH)_3$ ir FeO(OH) – susidarymas Fe paviršiuje yra elektrocheminis procesas. Pasiūlyta labai daug įvairių metodų, kaip apsaugoti geležį nuo korozijos.

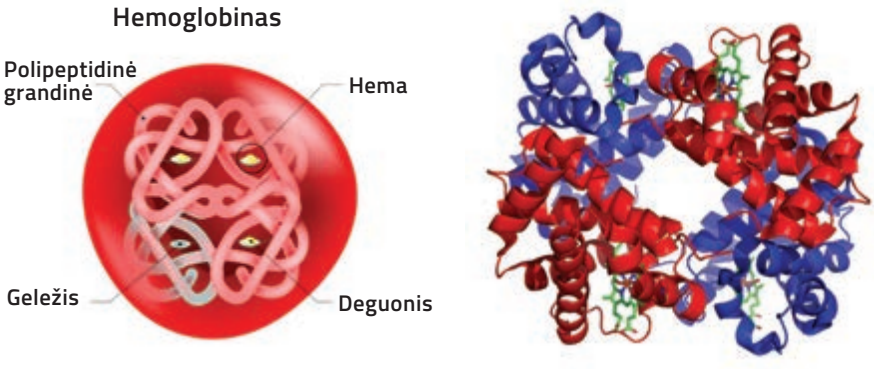



**231 pav.** Ferocenas

**232 pav.** Geležies ir plieno korozija

**233 pav.** Geležies ochros

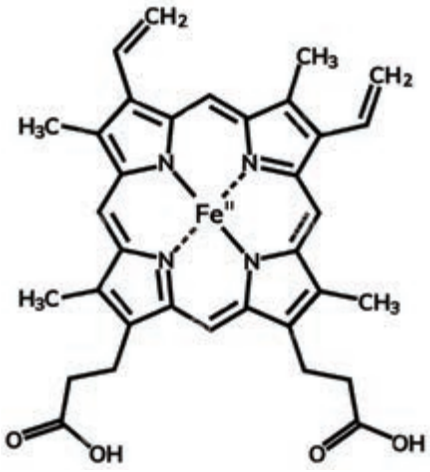
26
Fe
55,845




**234 pav.** Hemoglobinas

Geležies junginiai $Fe_2O_3$, FeOOH ar jų mišiniai dar vadinami ochromis, nes senovėje buvo naudojami kaip raudoni, rudi ar geltoni pigmentai.

Suaugusio žmogaus kūne yra apie 4 g (0,005 % kūno masės) geležies, daugiausia deguonį pernešančiame hemoglobine. Per parą suaugusiam vyrui reikia apie 10 mg, moteriai – 15 mg geležies. Paauglystės, nėštumo bei maitinimo krūtimi laikotarpiu šio mineralo poreikis yra didesnis. Geri geležies šaltiniai yra raudona mėsa, paukštiena, austrės, sezamo, moliūgų sėklos, įvairios pupelės, lęšiai, avinžirniai, rugiai, žuvis, lapinės daržovės (sėjamoji gražgarstė, lapiniai kopūstai, špinatai,




**235 pav.** Hemos struktūra

**236 pav.** Geležies papildai

dilgėlės ir kt.). Geležies trūkumas gali būti viena iš anemijos, kai nepakanka hemoglobino ir raudonųjų kūno kūnelių, priežasčių. Hemoglobinas yra deguonies nešiklis raudonuosiuose kraujo kūneliuose: perneša deguonį į plaučius, raumenis, kur jis saugomas, kol bus reikalingas metaboliniam gliukozės oksidavimui. Čia hemoglobinas prisijungia prie anglies dioksido, susidariusio oksiduojant gliukozę, ir grįžta atgal į plaučius, kur $CO_2$ yra iškvepiamas. Hemoglobine geležis yra vienoje iš keturių hemos grupių.

27
Co
58,933

# 27. Kobaltas (Co)

**237 pav.** Kobaltas

Kobaltas – kietas, blizgantis, sidabriškai pilkas magnetinis metalas, Žemės plutoje randamas tik junginiuose. Kobaltas yra feromagnetikas. Ore kobalto paviršiuje susidaro kobalto oksido pasyvacinis sluoksnis. Reaguoja su daugeliu nemetalų. Su metalais sudaro lydinius.

**238 pav.** Georgas Brandt'as

Kobaltą 1735 m. atrado švedų chemikas Georgas Brandťas (1694–1768) ir suteikė jam tokį pavadinimą. Kobalto pavadinimo kilmė – mitologinė, iš vokiško žodžio *kobalt*. Germanų padavimuose ir pasakose koboldai buvo kalnų, miškų ir namų dvasios ar nykštukai; jie galėję suvalgyti sidabrą ir vietoje jo išskirti bevertes sidabro spalvos rūdas. Vokiečių kalnakasiai, dirbę Erzgebirgo kasyklose, ilgą laiką niekaip negalėjo išgauti metalo iš kobalto rūdų, kurias laikė vario, sidabro arba alavo rūdomis ir manė, kad būsią apgauti mitinių koboldų. Panaši yra ir nikelio pavadinimo kilmės istorija.

**239 pav.** Koboldai

Kobaltas randamas daugiausia kobaltito (CoAsS) rūdoje. Labai dažnai kobaltas aptinkamas rūdose kartu su nikeliu. Kitos rūdos yra eritritas ($Co_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$), glaukodotas (Co, Fe)AsS), safloritas ($CoAs_2$), sferokobaltitas ($CoCO_3$) ir skuteriditas ($CoAs_3$).

Kasmet pagaminama apie 123 000 tonų kobalto. Išgaunamas kartu su kitais metalais – dažniausiai nikeliu ar variu, kartais su geležimi, manganu, sidabru, cinku, švinu. Žinomi keli metodai atskirti kobaltą nuo vario ir nikelio. Vienas iš būdų yra putų flotacija, kai paviršiuje aktyvios medžiagos jungiasi su skirtingais rūdos komponentais. Taip sodrinamos kobalto rūdos. Vėliau kobaltas paverčiamas tirpiu kobalto sulfatu, o varis ir geležis oksiduojami į oksidą. Paskutiniame etape gaunamas kobalto oksidas ($Co_3O_4$). Iš jo aliumotermiškai išgaunamas kobaltas:

$$3Co_3O_4 + 8Al \rightarrow 9Co + 4Al_2O_3.$$

Kaip ir geležiai, kobaltui būdingi +2 ir +3 oksidacijos laipsniai (CoO, $Co_2O_3$). Lėtai tirpsta praskiestose neorganinėse rūgštyse.

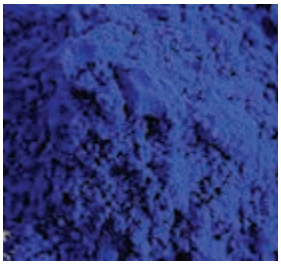
Pagrindinis kobalto naudojimas yra magnetiniuose, patvariuose lydiniuose. Kobalto superlydiniai, kurių sudėtis gali būti labai įvairi, yra termiškai atsparūs, todėl naudojami dujų turbinoms ir lėktuvų varikliams gaminti. Jie atsparūs

**240 pav.** Kobaltitas ir eritritas

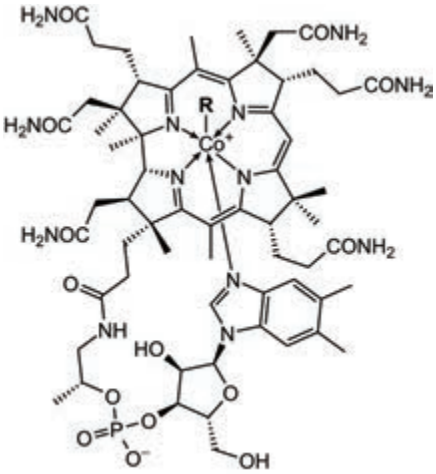
27
Co
58,933

**241 pav.** Kobalto superlydiniai

korozijai, todėl kaip ir titano lydiniai naudojami medicinoje implantams gaminti. Kobalto junginiai – kobalto mėlynasis ($CoAl_2O_4$), kobalto smalta ir kiti – nuo seno buvo naudojami kaip mėlynieji pigmentai dažams, rašalui gaminti. Iki XIX a. kobaltas buvo naudojamas tik pigmentų pramonėje. Jis taip pat gali būti naudojamas pakartotinai įkraunamoms baterijoms gaminti. Ličio kobaltatas



**242 pav.** Kobalto mėlynasis



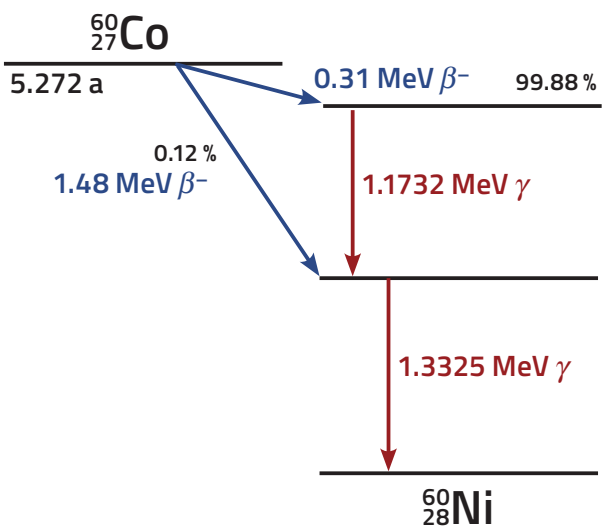
**243 pav.** Vitaminas $B_{12}$

($LiCoO_2$) yra kaip katodas ličio baterijose, kurios yra įvairiausiuose elektroniniuose prietaisuose, įskaitant mobiliuosius telefonus, kompiuterius ir elektrinius automobilius.

Kobaltas yra būtinas mikroelementas gyviesiems organizmams. Jo yra vitamino $B_{12}$ sudėtyje.

Kobalto radioaktyvusis izotopas $^{60}Co$ naudojamas kaip gama ar beta spinduliuotės šaltinis.

27
Co
58,933




**244 pav.** $^{60}$Co izotopo skilimas

# 28. Nikelis (Ni)

28
Ni
58,693

**245 pav.** Nikelis

Nikelis – sidabriškai blizgus, baltas, kalus tipiškas metalas, pagal paplitimą Žemės plutoje yra dvidešimt ketvirtas elementas.

Pavadinimo kilmė susijusi su Vokietijos rūdų kalnuose (Erzgebirge) 1600 m. iš vario rūdos išgauta šviesiai rusvai raudona nikelio ir arseno uoliena – nikelinu (žinoma kaip nikelio arsenidas arba nikolitas, NiAs). Kalnakasiai manė, kad tai esanti vario rūda, tačiau iš jos nepavykdavo išgauti vario, todėl jie tikėjo, kad yra apgauti vokiečių mitologijoje žinomų kalnų dvasių, pasibjaurėtinų demonų – nikelių (panaši istorija buvo su kobaltu). Tą uolieną jie vadino kupfernikeliu – „vario demonu“.

Maždaug po šimtmečio 1751 m. Švedijos alchemikas baronas Axelis Fredrikas Cronstedťas (1722–1765) kupfernikelį kaitino su anglimi ir nustatė, kad gauto metalo savybės – baltas ir magnetinis – visiškai nepanašios į vario. Naują elementą jis pavadino nikeliu.

28
Ni
58,693

**246 pav.** Demonas nikelis, kupfernikelis, NiAs (nikelinas, nikelio arsenidas, nikolitas)

Metalinio nikelio gamtoje randama labai nedaug, jo yra meteorituose kartu su geležimi. Gamtoje, be nikolito, randamas daug nikelio turinčiame milerite (NiS), garnerite ($NiMg)H_2SiO_4$), petlandite $(Fe, Ni)_{9S8}$), bunzenite (NiO). Nuo seno nikelio rūdas painiodavo su sidabro rūdomis, vadindavo baltuoju variu. Anksčiau nikelį naudojo tik lydiniams gaminti, nes jie labai buvo panašūs į sidabrą.

Per metus pasaulyje pagaminama apie 2,5 mln. tonų nikelio. Daugiausia iš sulfidinių rūdų, todėl proceso metu susidaro $SO_2$ dujos ir arseno oksidas (abu nuodingi). 75 % grynumo nikelis gaunamas tradiciškai redukuojant iš rūdų. Tokio grynumo nikelio pakanka metalurgijoje gaminamiems įvairiems lydiniams. Labai grynas nikelis (99,99 %) gaunamas elektrochemiškai arba Mondo (Ludwigas Mondas – vokiečių kilmės britų chemikas) proceso metu.

Nikelis yra vienas iš keturių metalų (geležis, kobaltas ir gadolinis), kurie kambario temperatūroje yra feromagnetikai. Alniko (Al-Ni-Co) lydinys, kuriame yra

**247 pav.** Axelis Fredrikas Cronstedt'as

15–26 % nikelio, yra vidutinio stiprumo magnetas. Jis išlieka magnetu net įkaitintas iki raudonos kaitros. Nikelis labai kalus metalas, iš kurio lengvai gaminamos folijos, lakštai, vamzdeliai. Iš 1 kg nikelio galima pagaminti 300 km nikelio vielos.



$$Ni + 4CO \xrightarrow{330–350K} Ni(CO)_4$$

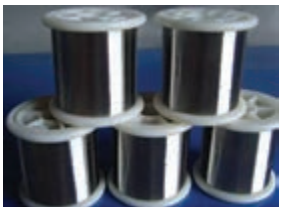
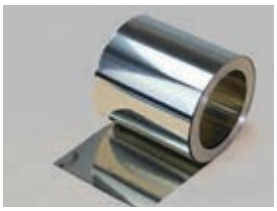
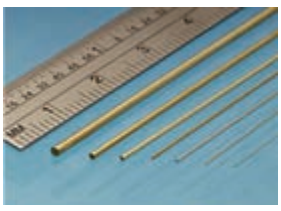
$$Ni(CO)_4 \xrightarrow{450–470K} Ni(\text{grynas nikelis}) + 4CO$$

**248 pav.** Mondo procesas

Nikelis nėra reaktingas, nes jo paviršiuje irgi susidaro oksidinė pasyvacinė plėvelė, apsauganti nuo korozijos. Cheminės savybės panašios į kobalto, geležies, kažkiek į vario ir tauriųjų metalų. Dauguma nikelio junginių yra žali arba mėlyni. Nikelio milteliai gerai absorbuoja dujas ir gali savaime užsidegti deguonyje. Skirtingai nei geležis ir kobaltas, nikelis junginiuose turi tik +2 oksidacijos laipsnį. Vandeniniuose tirpaluose nikelio junginiai spalvoti. Nikelį lengvai tirpina azoto rūgštis.

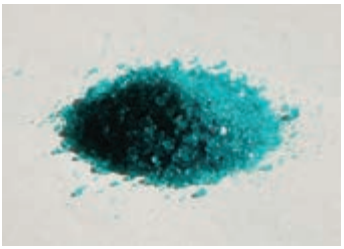
Istoriškai nikelis buvo naudojamas geležiai ar bronzai padengti, blizgiems lydiniams (vokiškasis sidabras) gaminti. Šiuo metu apie 9 % nikelio sunaudojama nikelio dangoms gauti, apie 68 % – nerūdijančiam plienui gaminti, apie 10 % – kitiems nikelio, vario, chromo, aliuminio, švino, kobalto, sidabro ir aukso lydiniams gaminti. Žinomi lydiniai: permalojus, invaras, elinvaras, inkonelis, melchioras, monelis, nimonikas, mu-metalas.

Nikelis ar jo junginiai naudojami baterijose, kaip pigmentai, katalizatoriai, žaliai stiklo spalvai išgauti. Nikelis naudojamas katalizatoriumi hidrinant nesočiuosius junginius, kai iš aliejų gaminamas margarinas arba muilas. Nikelio dangos

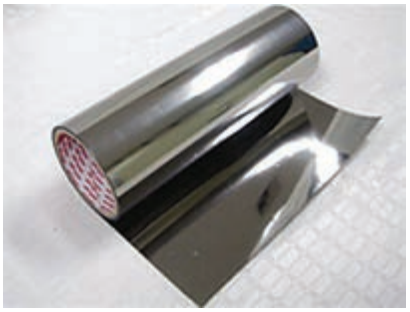
**249 pav.** Nikelio viela, folija, vamzdeliai

28
Ni
58,693



**250 pav.** Nikelio junginiai

gaminamos kitiems gaminiams nuo korozijos apsaugoti, šviesai atspindėti ir dekoratyviniais tikslais. Kadangi nikelis yra tvirtas ir atsparus korozijai, iš jo dažnai gaminamos monetos. Pirmoji nikelio moneta buvo amerikietiškas vienas centas „Flying Eagle“, pagamintas iš 12 % nikelio ir 88 % vario. Ši moneta apyvartoje buvo tik 1857–1858 metais. Yra žinomos gryno nikelio olandiškos, kanadietiškos, šveicariškos monetos. Šiuo metu monetoms naudojami nikelio lydiniai, o ne grynas nikelis.



**251 pav.** Nikelio lydiniai

**252 pav.** Žalias nikelio pigmentas stikle

Jungtinėse Amerikos Valstijose monetas gamina iš vario-nikelio lydinio. Nikelio monetoje yra 25 % nikelio, o kitose monetose – 8,33 % nikelio. Iš nikelio gaminamos elektrinių gitarų stygos, mikrofonų kapsulės. Kai kurie nikelio lydiniai naudojami branduolinių reaktorių konstrukcijose, karinėje pramonėje. Apie 27 % visos nikelio gamybos yra skirta inžinerijai, 10 % – statybai, 14 % – vamzdiniams gaminiams, 20 % – metalo gaminiams, 14 % – transportui, 11 % – elektroninėms prekėms ir 5 % – kitiems tikslams. Būdamas gana retas elementas nikelis yra brangus, todėl naudojamas tik tuomet, kai nėra galimybės pakeisti pigesniu.

**253 pav.** Nikelio monetos

**254 pav.** Elektrinių gitarų stygos iš nikelio

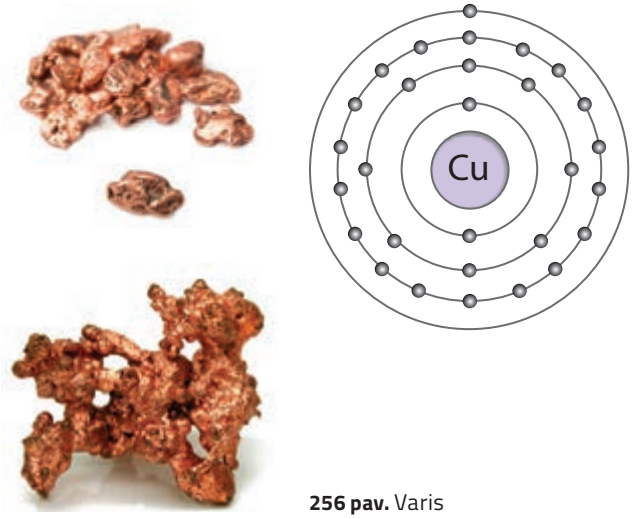
Komerciniu požiūriu svarbiausias junginys yra nikelio sulfatas ($NiSO_4 \cdot 7H_2O$), naudojamas galvanikoje, pigmentuose, kitų nikelio junginių sintezei, keramikai. Taip pat svarbus nikelio oksidas (NiO). Nikelis, ypač juvelyriniai dirbiniai iš „baltojo aukso“ (90 % Au ir 10 % Ni), dažnai sukelia alergiją.

Nikelis atlieka svarbų biologinį vaidmenį augaluose. Žmogus kasdien su maistu ir vandeniu gauna apie 70–100 μg nikelio. Vaidmuo žmogaus organizme nėra aiškus. Dideli nikelio junginių kiekiai gali būti kancerogenai.

**255 pav.** Nikelio juvelyriniai dirbiniai

# 29. Varis (Cu)

29
Cu
63,546




**256 pav.** Varis

Varis – metalinio blizgesio, kalus, kietas, rausvai oranžinės arba raudonai rusvos spalvos vienas pirmųjų žmogaus naudojamų metalų. Gamtoje randamas grynuolių ir junginių pavidalo.

Varį jau 3 500 m. pr. m. e. naudojo šumerai ir egiptiečiai. Bronzą mokėta lydyti 2 800 m. pr. m. e. Vidurio Europoje varis pradėtas naudoti vėliau už geležį. Senovėje vario rūdos buvo gaunamos Kipro saloje, todėl varis buvo vadinamas *cyprium* – Kipro metalas, o vėliau vadintas lotyniškai *cuprum*. Iš šio žodžio apie 1530 m. buvo išvestas ir angliškas vario pavadinimas *copper*. Vario kultūrinis vaidmuo žmonijos vystymesi visada buvo svarbus. Vario gabalėliai buvo naudoti kaip valiuta. Iš pradžių buvo vertinamas pats varis, bet palaipsniui tapo svarbesnė jo forma ir išvaizda. Julius Caesaris turėjo savo monetas, pagamintas iš žalvario, o Octaviano Augusto Caesario monetos buvo iš Cu-Pb-Sn lydinių.

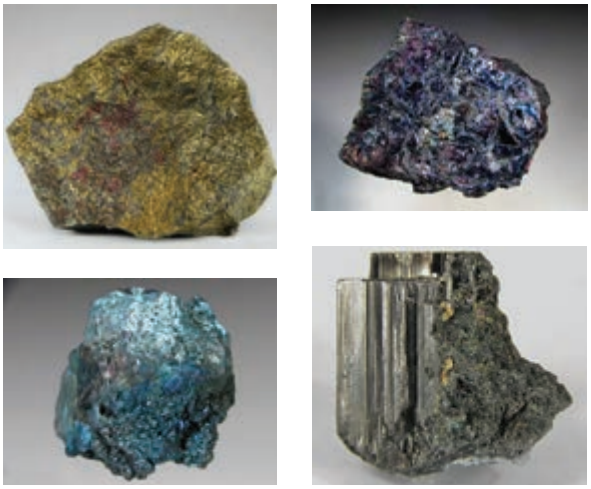
Jeruzalės šventyklos vartai pagaminti iš paauksuotos Korintijos bronzos. Šis procesas buvo paplitęs Aleksandrijoje; manoma, kad ten prasidėjo alchemija.

**257 pav.** Juliaus Caesario monetos

Senovės Indijoje varis buvo naudojamas holistiniame medicinos moksle (ajurvedoje) chirurginiams instrumentams ir kitai medicinos įrangai. Senovės egiptiečiai (~2400 m. pr. Kr.) variu sterilizuodavo žaizdas ir geriamąjį vandenį, o vėliau gydydavo galvos skausmus, nudegimus ir niežulį.

Varis – vienas iš nedaugelio metalų, kuris gamtoje randamas grynas, todėl gali būti iškart naudojamas. Žmonija jį naudoja nuo seno. Aišku, gamtoje randamas varis gali turėti geležies, sidabro, rečiau – aukso priemaišų. Didžiausia aptikto elementinio vario masė svėrė 420 tonų (1857 m. Mičigane, JAV). Natūralus varis yra polikristalinis, o didžiausio rasto monokristalo dydis yra 4,4 × 3,2 × 3,2 cm. Didžiausi

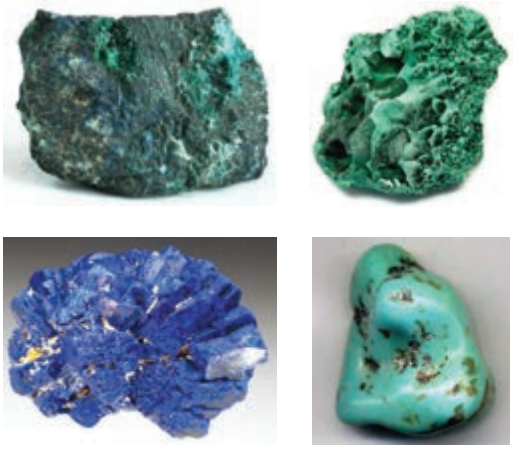
**258 pav.** Varis ajurvedoje



**259 pav.** Chalkopiritas, kovelitas, chalkokitas ir enargitas

vario rūdų telkiniai yra Čilėje. Vario randama sulfidinėse (chalkopiritas ($CuFeS_2$), bornitas ($Cu_5FeS_4$), digenitas ($Cu_9S_5$), kovelitas (CuS), chalkokitas ($Cu_2S$), tenantitas ($Cu_{12As4S13}$), enargitas ($Cu_3AsS_4$) ir kitose rūdose (kupritas ($Cu_2O$), tenoritas (CuO), azūritas ($2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$), malachitas ($CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$), turkis ($CuAl_6(PO_{4)4}(OH)_8 \cdot 4H_2O$). Daug vario junginių yra mėlynos arba žalios spalvos.

Varis gaunamas pirometalurgijos būdu perdirbant sulfidines vario rūdas. Sulfidinis vario koncentratas (jame yra 12–45 % vario, 20–40 % sieros ir 10–35 % geležies) lydomas šachtinėje krosnyje 800–1 400 °C temperatūroje, vario šteinas



**260 pav.** Kupritas, azūritas, malachitas ir turkis

29
Cu
63,546

**261 pav.** Vario grynuoliai

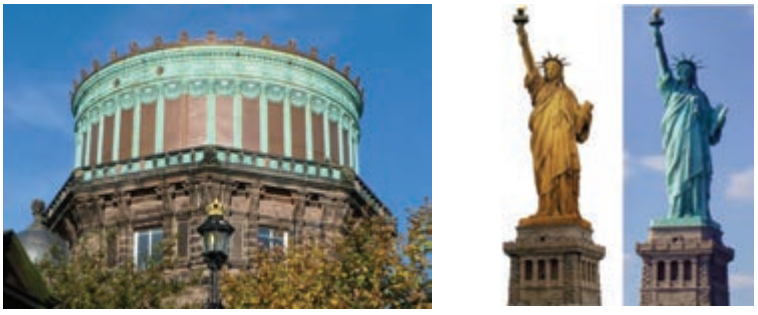
atskiriamas nuo šlako ir oksiduojamas deguonimi – gaunamas juodasis varis, turintis 97,5–99 % vario:

$$2Cu_2S + 3O_2 \rightarrow 2Cu_2O + 2SO_2.$$

Gryninamas kaitinant arba elektrocheminiu rafinavimu:

$$2Cu_2O \rightarrow 4Cu + O_2,$$

$$Cu^+ + e^- \rightarrow Cu,$$



**262 pav.** Edinburgo observatorijos bokštas. Originalus varis nuo 1894 m. yra oksidavęsis (žalia patinos spalva), o rekonstruotas 2010 m. dar nepaliestas oksidacijos (rausvai ruda spalva). Laisvės statula ir Mineapolio rotušė, JAV

$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$.



Pagrindiniai vario gamintojai yra Čilė, Australija, Peru, Meksika, Zambija, JAV, Kinija.

Varis yra puikus šilumos ir elektros laidininkas. Geriau už varį kambario temperatūroje elektrą praleidžia tik sidabras. Vario paviršius atmosferoje lėtai oksiduojasi. Susidaro žaliasis verdigris (vario karbonatas, $CuCO_3$), arba žalioji patina (danga, kurioje gali būti bazinio vario karbonato, chlorido, sulfato, sulfido). Patinos sluoksnis apsaugo vario paviršių nuo tolesnės oksidacijos. Vario paviršius, sąveikaudamas su atmosferoje esančiu sulfidu ar kitais sieros junginiais, pajuoduoja.

**263 pav.** Vario gaminiai

29
Cu
63,546

Varis chemiškai nelabai aktyvus. Junginiuose būna +1 ir +2, daug rečiau +3 (vandeniniuose tirpaluose gali egzistuoti tik kelias sekundes) oksidacinės būsenos. Varis nereaguoja su vandeniu, bet lengvai jungiasi su halogenais, siera ir selenu. Tirpsta azoto ir koncentruotoje sieros rūgštyse. Reaguodamas su cianidais arba amoniaku sudaro kompleksinius junginius.

Varis naudojamas elektros laidų, kabelių, elektrinių kontaktų, katalizatorių gamyboje, statybos pramonėje, įvairiuose lydiniuose (bronzos, žalvario ir kiti). Statybai gaminami variniai stogai, lietvamzdžiai. Metalinis varis ir vario junginiai – pigmentai – yra naudojami dekoratyviniame mene, kartais fotografijoje.

Vario junginiai naudojami kaip antibakteriniai reagentai, fungicidai, mikrotrąšos ir medienos konservantai. Pavyzdžiui, vario sulfatas ($CuSO_4$) naudojamas fungicidui – „Bordo“ mišiniui – gaminti. Vario katilai yra labai populiarūs alaus daryklose – bravoruose.

Vario oksidiniai sluoksniai yra pagrindinė keraminių superlaidininkų ($La_{2-x}Ba_xCuO_4$, $YBa_2Cu_3O_7$, $Bi_2Sr_2Ca_nCu_{n+1}O_{2n+6-\delta}$, $Tl_{0.1}Hg_{0.9}Ba_2Ca_{n-1}Cu_nO_{2n+m+2+\delta}$) struktūrinė dalis.

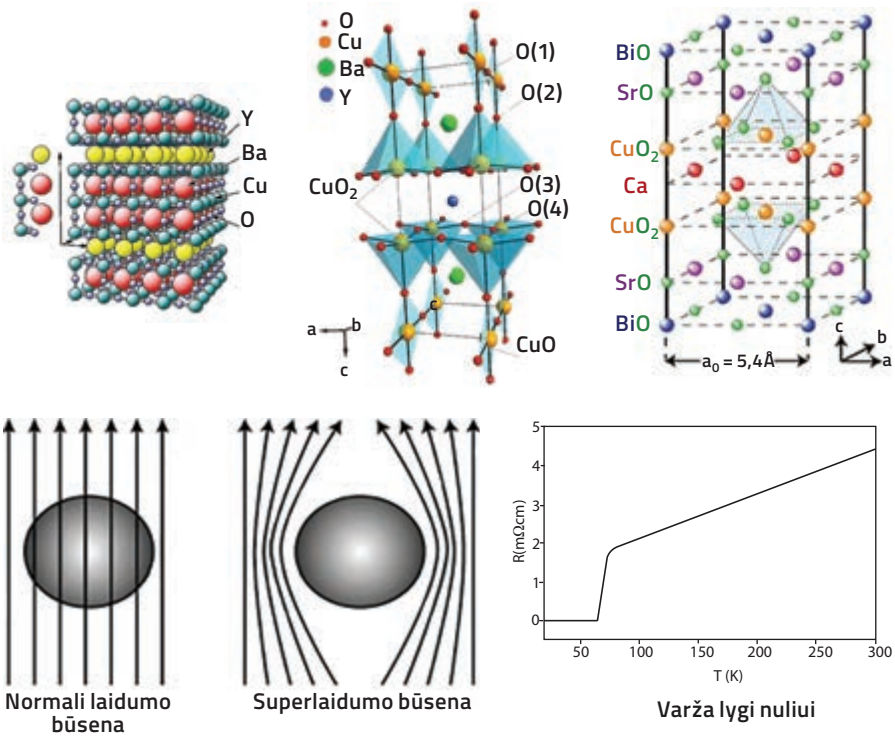
Kai kurių šalių monetos ir dabar gaminamos iš vario lydinių. Renesanso epochoje iš vario buvo pagaminta labai daug įvairių skulptūrų. Variuojamos įvairios

**264 pav.** „Bordo“ mišinys

**265 pav.** Vario katilai

laivų, santechnikos įrenginių konstrukcijos. Daug metų vario dažais dengiamos laivų konstrukcijos siekiant apsaugoti laivus nuo įvairių moliuskų, augalų ir vėžiagyvių. Pagal naudojimą varis yra trečiasis metalas (po geležies ir aliuminio). Apie 60 % vario sunaudojama elektrotechnikoje, 20 % – statyboje ir santechnikoje, 15 % – pramoninėse mašinose ir automatuose. Bronzos ir kiti lydiniai yra kietesni už gryną varį. Žalvaris yra vario ir cinko lydinys, bronza – vario ir alavo, vario ir aliuminio arba vario ir kai kurių kitų metalų lydinys, kuronikelis, monelis – vario ir nikelio lydiniai, šie metalai labai lengvai maišosi. Varis sudaro lydinį net su beriliu.

Dar kartą norisi priminti platų vario panaudojimą. Nepaisant konkurencijos su kitomis medžiagomis, varinės vielos naudojamos elektros energijos gamybai ir perdavimui, elektros paskirstymui, telekomunikacijoms, elektronikos grandinėms ir daugybei elektros įrangos rūšių. Apytiksliai pusė visų pagaminamų varinių laidų yra naudojami elektros laidams ir kabelių laidams. Elektros instaliacija – didelės galios




**266 pav.** Vario superlaidininkų struktūros ir superlaidumas

laidai, elektros skirstymo kabeliai, prietaisų laidai, ryšių kabeliai, automobilių laidai ir kabeliai, magnetinių ričių laidai elektros varikliuose – yra svarbiausia vario pramonės rinka. 1960–1970 m. Amerikoje beveik visuose namuose variniai laidai buvo pakeisti aliuminio laidais, tačiau dėl dažnai kilusių gaisrų statybos pramonė sugrįžo prie varinių laidų.

Būdamas tvirtas, atsparus korozijai ir oro sąlygoms varis prieš šimtus ar tūkstančius metų buvo naudojamas stogams dengti, plyšiams skardinti, lietaus latakams, kupolams, bokštams, skliautams, durims gaminti. Vėliau varis paplito architektūroje. Varinė vidaus ir išorės sienų apdaila buvo ne tik dekoratyvinė, bet pasižymėjo antimikrobinėmis savybėmis, leido ekranuoti radijo dažnius. Gaminami patrauklūs turėklai, vonios kambario armatūros ir stalviršiai. Vario, kaip architektūrinės medžiagos, privalumai yra mažas šiluminis laidumas,

lengvumas, apsauga nuo žaibo ir lengvas perdirbimas. Vario (+1) oksidas ($Cu_2O$) yra raudonasis pigmentas. Vario junginiai naudojami saulės elementams, elektrodams gaminti, sierai šalinti iš gamtinių dujų, kaip katalizatoriai, įvairūs pigmentai, taip pat maisto papilduose, pesticiduose, insekticiduose, baktericiduose, medienos apsaugos preparatuose.

Architektai ir dizaineriai trokšta išskirtinio grožio natūralios žaliosios patinos. Ji ne tik graži, jos sluoksnis yra ypač patvarus, labai atsparus atmosferos korozijai ir apsaugo pagrindinį metalą nuo tolesnio oro poveikio. Priklausomai nuo aplinkos sąlygų, patina gali būti įvairaus kiekio vario karbonato ir sulfato junginių mišinys. Varis puikiai lydosi, lituojasi ir gali būti suvirintas.

Varis dažnai naudojamas „gydomiesiems“ papuošalams. Kai kurie pasakojimai leidžia teigti, kad vario apyrankės mažina artrito simptomus. Vis dėlto nėra įrodymų, kad varis gali būti absorbuojamas pro odą. Antraip varinių apyrankių nešiojimas galėtų sukelti apsinuodijimą variu. Žinomi ir kompresiniai drabužiai su austu variu, tačiau jų poveikis gydant kai kurias ligas greičiausiai tėra placebo efektas.

**267 pav.** Vario turtingas maistas

29
Cu
63,546

Varis yra svarbus gyvųjų organizmų mikroelementas. Kaip ir geležis, varis prisideda prie raudonųjų kraujo kūnelių gamybos, kraujotakos, nervų, imuninės sistemų ir kaulų formavimosi. Augalai ima jį iš dirvožemio, žmogus ir gyvūnai gauna su maistu. Suaugusio žmogus 1 kg kūno masės yra apie 1,5–2 mg vario. Vario yra austrėse, jaučių ir avių kepenyse, kai kuriuose riešutuose, kakavoje, juoduosiuose pipiruose, žaliosiose alyvuogėse, omaruose, avokaduose.

Ląstelėse varis jungiasi su baltymais, kai kuriomis organinėmis rūgštimis, yra kelių fermentų komponentas, jis svarbus deguonies apykaitai, skatina kraujodarą kaulų čiulpuose. Jo yra fermentuose, kurie katalizuoja hemoglobino susidarymą organizme. Dėl vario stokos žmogaus ir gyvūnų organizme sutrinka geležies apykaita, kai kurios kitos fiziologinės funkcijos. Didelės vario dozės stuburiniams gyvūnams sukelia viduriavimą, sutrikdo kvėpavimą, širdies, kepenų darbą, sukelia anemiją.

# 30. Cinkas (Zn)

30
Zn
65,38

**268 pav.** Cinkas

Cinkas – šiek tiek blizgus, pilkas, nemagnetinis, savybėmis panašus į magnį minkštas metalas. Pagal paplitimą Žemės plutoje yra 24-asis.

Cinkas žinomas jau nuo senų senovės. Jis yra viena pagrindinių žalvario (vienas seniausiai naudojamų metalų lydinių) sudedamųjų dalių. Žalvarį, kuriame buvo nuo 23 % iki 90 % cinko, jau labai seniai žmonės naudojo papuošalams, monetoms pasidaryti.

1746 m. vokiečių mokslininkas Andreas Sigismundas Marggrafas (1709–1782) sukūrė cinko gavimo technologiją. Manoma, kad cinkui pavadinimą davė alchemikas Paracelsus (vokiškai *Zinke* – dantis, virbalas, taip atrodė cinko kristalai). Tik 1798 m. buvo pasiūlytas metodas, kaip gauti cinką iš cinko sulfido rūdos. Iš cinko ir vario metalinių plokščių buvo sukonstruotas pirmasis galvaninis elementas.

Cinko daugiausia randama sfalerite (ZnS), smitsonite ($ZnCO_3$), hemimorfite ($ZnSiO_4$), kitose sulfidinėse rūdose. Randamas rūdose kartu su variu, švinu. Daugiausia cinko randama Australijoje, Kanadoje, JAV.

30
Zn
65,38

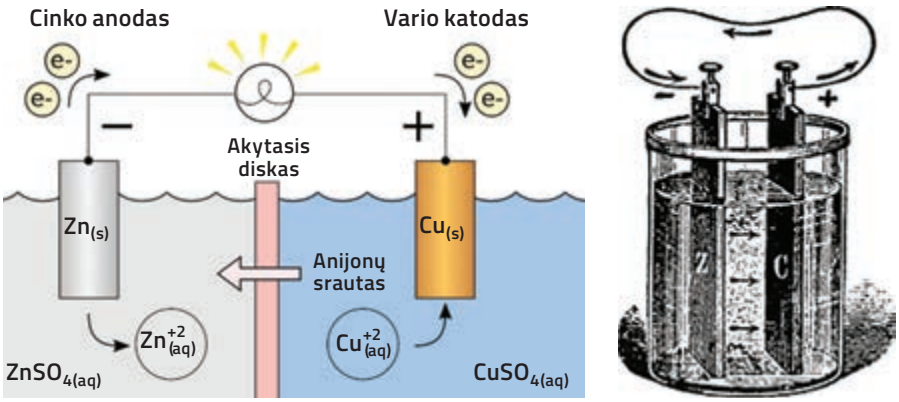
**269 pav.** Žalvaris ir jo gaminiai

Per metus pagaminama apie 10 mln. tonų cinko. Cinko sulfidinė rūda metalurgijos proceso metu deginant ZnS paverčiama į ZnO. Metalinis cinkas gaunamas po šių cheminių reakcijų:

$$2ZnO + C \rightarrow 2Zn + CO,$$

$$ZnO + CO \rightarrow Zn + CO.$$

**270 pav.** Andreas Sigismundas Marggrafas




**271 pav.** Galvaninis elementas

Cinko pramoninio gamybos proceso iš sulfidinių rūdų metu išsiskiria didelis kiekis nuodingo $SO_2$.

Cinkas junginiuose būna tik +2 oksidacinės būsenos. Jis lengvai tirpsta rūgštyse ir šarmuose. Cinko paviršius ore visada apsitraukia plona, tankia plėvele: veikiant oro deguoniui, anglies (IV) oksidui, vandens garams, susidaro bazinis cinko karbonatas – $ZnCO_3 \cdot Zn(OH)_2$. Jis apsaugo cinką nuo tolesnio cheminio irimo ir korozijos.

Pagal panaudojimą cinkas yra ketvirtasis elementas po Fe, Al ir Cu. Pagrindinis cinko panaudojimas – geležies paviršiaus cinkavimas (55 %), žalvario ir kiti lydiniai (37 %), baterijos. Cinkuota skarda tinka stogams dengti, kibirams, vonelėms ir kitiems daiktams gaminti. Cinko druskos irgi naudojamos įvairiems tikslams. Cinko oksidas (ZnO) – balti, vandenyje netirpstantys milteliai – naudojamas kaip baltas pigmentas (cinko baltasis), pudrai, antiseptiniams tepalams gaminti. ZnO kaip užpildomoji medžiaga naudojama gumos pramonėje. Sumaišius šį oksidą su koncentruotu $ZnCl_2$ ar

**272 pav.** Sfaleritas, smitsonitas ir hemimorfitas

30
Zn
65,38

**273 pav.** Cinko dangos

$H_3PO_4$ tirpalu, gaunama greitai kietėjanti masė, kuri naudojama dantims plombuoti. Nuodingu cinko junginiu – fosfidu ($Zn_3P_2$) – nuodijamos žiurkės ir pelės.

Cinkas yra esminis mikroelementas, atlieka biologinį vaidmenį. Jis yra būtinas visų žmogaus organizmo ląstelių funkcionavimui ir augalijai. Cinko trūkumas gali tapti epilepsijos, šizofrenijos ir kitų psichikos ligų, bendro organizmo nuovargio, alergijos, pakitimų burnos gleivinėje priežastimi. Cinkas dalyvauja daugiau kaip 300 organizmo fermentų aktyvavime, nukleorūgščių (DNR ir RNR), baltymų sintezėje ir hormonų apykaitoje (ypač lytinių hormonų), gerina regą. Kai dirvoje trūksta cinko, augalai skursta: menkai šakojasi, susmulkėja lapai, sulėtėja augimas. Ypač jautrūs cinko trūkumui vaismedžiai, daržovės, ankštiniai augalai, todėl juos būtina tręšti mikroelementų trąšomis, kuriose yra cinko. Įvairiose žmogaus organizmo vietose yra pasiskirstę 2–4 g cinko. Cinkas kaupiasi dantyse, kauluose, smegenyse, raumenyse, inkstuose, kepenyse, kraujyje, centrinėje nervų sistemoje. Labai didelė jo koncentracija

**274 pav.** Cinko oksidas

**275 pav.** Cinko fosfatinis cementas odontologijoje

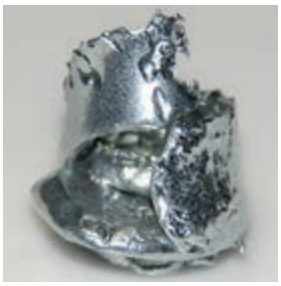
yra prostatoje ir akių dalyse. Nemažai cinko turi kai kurie grybai (voveraitės, kazlėkai), gyvulių mėsa, žuvis, kiaušiniai, grūdai, sezamas, pupelės, riešutai, saulėgrąžos, juodieji serbentai ir kt.

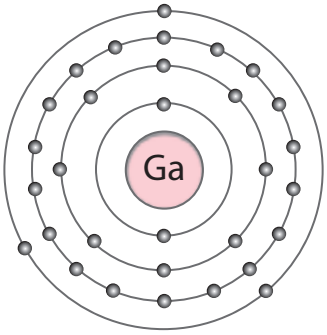
Nors cinkas ir būtinas žmogui, bet nuo didelio kiekio galima apsinuodyti. Cinkuotame kibire negalima laikyti rūgščių maisto produktų ir gėrimų, nes jie tirpdo cinką. Apsinuodijimo cinku požymiai: suerzinta gleivinė, pykinimas.

**276 pav.** Cinkas maiste

31
Ga
69,723

# 31. Galis (Ga)






**277 pav.** Galis

Galis – lengvas, trapus, sidabriškai baltas metalas. Randamas tik junginiuose. Lydosi labai žemoje 29,76 °C temperatūroje. 99,9999 % grynumo galis laikomas vakuumuotoje užlydytoje ampulėje.

Galis pavadintas Prancūzijos garbei (kaip ir francis). Šį elementą spektroskopiškai atradęs mokslininkas Paulis-Emile'is Lecoqas de Boisbaudranas (1838–1912) pavadino jį savo gimtosios šalies garbei, nors kai kurie mano, kad savo garbei

**278 pav.** 99,9999 % grynumo galis

**279 pav.** Galija

(lot. *gallus* – gaidys, prancūziškai gaidys yra *le coq*). Lecoqas tokius gandus yra paneigęs. Galio buvimo galimybę periodinėje elementų sistemoje prognozavo Mendelejevas, o Lecoqas jį atrado po ketverių metų. 1875 m. jis, ekstrahuodamas 52 kg mineralinės sfalerito, cinko sulfido, uolienos iš Pirėnų, gavo keletą miligramų galio chlorido ir surado dvi naujas violetines spektroskopines linijas. Šis prancūzų chemikas dar yra atradęs samarį ir disprozį.

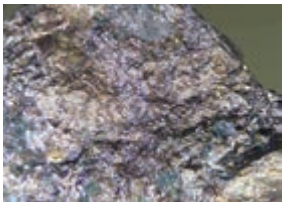
Galija (lot. *Gallia*) – romėniškas senovės Europos istorinės srities, ribojamos Pirėnų, Rubikono ir Magros upių, Alpių kalnų ir Reino, pavadinimas. Ši sritis apima dabartines šiaurės vakarų Italijos, Prancūzijos, Liuksemburgo, Belgijos, pietinių Nyderlandų ir vakarų Šveicarijos teritorijas.

Labai maži galio kiekiai randami įvairiose rūdose. Germanite ($Cu_{26}Fe_4Ge_4S_{32}$) jo kiekis kartais siekia iki 0,5 %, taip pat randamas galite ($CuGaS_2$).

Galis gali būti gaunamas elektrolizuojant jo druskų šarminius tirpalus arba lydalus. Galio lydymosi temperatūra yra naudojama kaip standartinės temperatūros atskaitos taškas. Lydinys galistanas (68,5 % galio, 21,5 % indžio ir 10 % alavo) lydosi dar žemesnėje –19 °C temperatūroje, gerokai žemesnėje nei vandens užšalimo temperatūra.

Galio oksidacijos laipsnis +3, bet gali būti ir +1. Junginyje $GaCl_2$ yra galis (+1) ir galis (+3), todėl formulė gali būti užrašyta $Ga^{I}Ga^{III}Cl_4$. Arba GaS gali būti teisingiau užrašytas kaip $Ga^{I}Ga^{III}(S)_2$.

**280 pav.** Paulis-Emile'is Lecoqas de Boisbaudranas



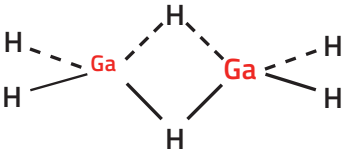
**281 pav.** Germanitas ir galitas

**282 pav.** Galistanas

Galis reaguoja su chalkogenais, deguonimi. Susidaro $Ga_2S_3$ arba $Ga_2O_3$. Dar vienas sulfido gavimo būdas:

$$2Ga(OH)_3 + 3H_2S \rightarrow Ga_2S_3 + 6H_2O.$$

Stiprios rūgštys tirpina galį (panašiai kaip Al), susidaro $Ga_2(SO_4)_3$ (galio sulfatas) ir $Ga(NO_3)_3$ (galio nitratas). Į galio druskų tirpalus pridėjus amoniako, iškrenta galio hidroksido nuosėdos $Ga(OH)_3$, kurį dehidratuojant 100 °C temperatūroje susidaro mišrus oksidas hidroksidas GaO(OH). Hidroksidai tirpsta šarmų pertekliuje, susidaro galatai. Galio cheminės savybės panašios į aliuminio. Galio chloridas (ir bromidas, ir jodidas) yra dimerinė molekulė – $Ga_2Cl_6$. Panašus ir hidridas $GaH_3$ (galanas):




**283 pav.** Galano struktūra

Galis plačiai naudojamas įvairiems lydiniams, kurie lydosi žemesnėje temperatūroje (pvz., termometruose). Junginiai naudojami puslaidininkių pramonėje – diodams (GaAs, GaN, $GaInN_2$, AlGaAs) bei tranzistoriams (taip pat GaAs).

**284 pav.** Galis termometruose

**285 pav.** Galis mene ir galio šaukštelis

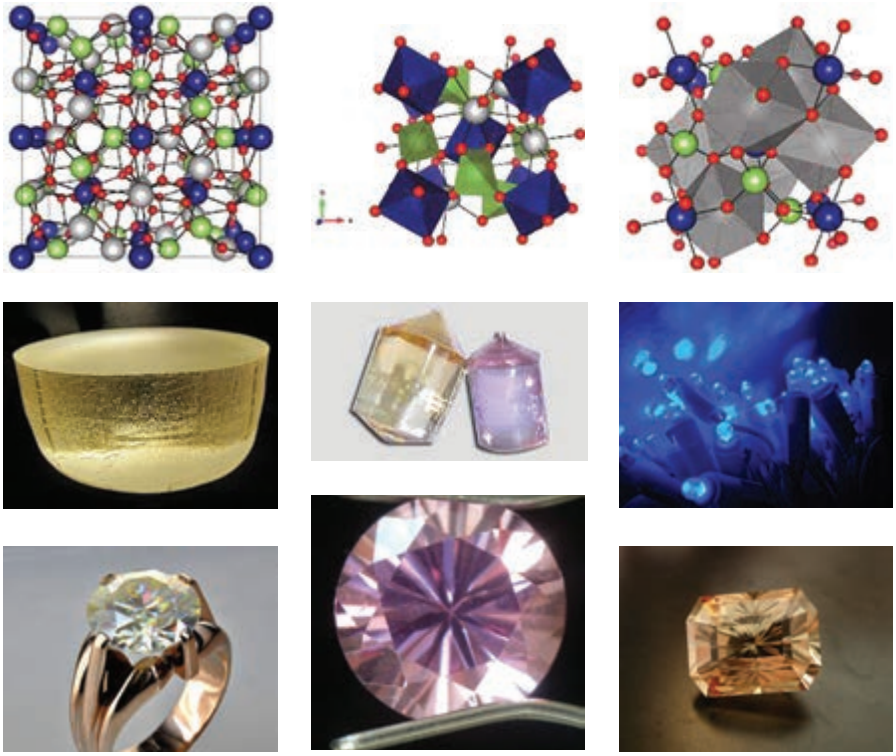
**286 pav.** Galis puslaidininkių pramonėje

Gadolinio galio granatas (GGG, $Gd_3Ga_5O_{12}$) – fosforas – naudojamas šviestukams gaminti, juvelyrikoje. GGG pagrindu gauti mėlynieji šviestukai. GaN naudojamas puslaidininkių pramonėje, elektronikoje, lazeriuose.

Ni-Mn-Ga – magnetinis formos atminties lydinys. Naudojamas atminties įrenginiuose esant dideliems magnetiniams laukams. Po mechaninės deformacijos pašildytas grįžta į pradinę formą.

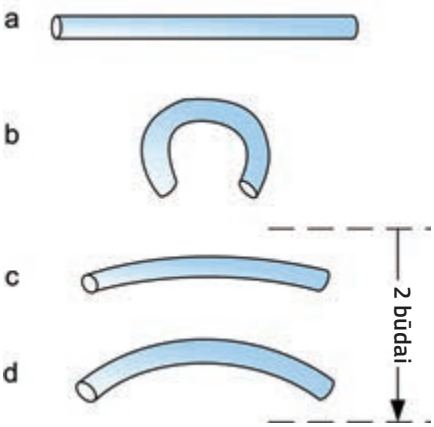
Galio druskos stimuliuoja metabolizmą, naudojamos farmacijoje ir radiofarmacijoje. Galio nitratas (Ganite) – intraveninis vaistas hiperkalemijai ($Ca^{2+}$ koncentracijos kraujyje padidėjimas), kuri susijusi su metastazėmis kauluose, gydyti. Galio maltolatas – geriamieji vaistai infekcijoms, vėžiniams susirgimams gydyti, kremai.

31
**Ga**
69,723

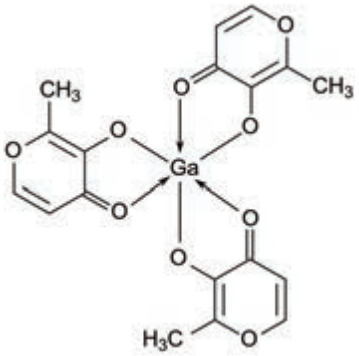


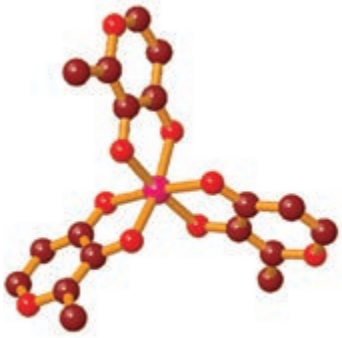
**287 pav.** Gadolinio galio granatas

**288 pav.** Galio nitrido 405 nm diodiniai lazeriai




**289 pav.** Mechaninė „atmintis“



**290 pav.** Galio maltolatas

32
Ge
72,631

# 32. Germanis (Ge)

**291 pav.** Germanis

Germanis yra pusmetalis, kaip boras, silicis, arsenas, stibis, telūras ir polonis, kurie pasižymi tiek metališkomis, tiek nemetališkomis savybėmis. Pilkai baltas, sidabrinio blizgesio, nuo 1945 m. labai svarbus puslaidininkių ir elektronikos pramonėje.

Atrastas 1886 m. vokiečių chemiko Clemenso Winklerio (1838–1904), pavadintas Vokietijos garbei (lot. *Germania*). Buvo aptiktas minerale argirodite ($Ag_8GeS_6$). Šiuo metu germanis daugiausia išgaunamas iš sfalerito (cinko sulfidas) ir kitų sidabro, švino ir vario rūdų. Randamas germanite ($Cu_{26}Fe_4Ge_4S_{32}$) ir reinerite ($Zn_3(AsO_3)_2$).

Germanio pėdsakų randama akmens anglyje, todėl jis $GeO_2$ pavidalo aptinkamas kuro krosnių dulkėse. Pramoniniu būdu išgaunamas iš cinko rūdos kaip šalutinis deginimo produktas. Ypač grynas germanis gali būti išgaunamas distiliuojant kai kuriuos mineralus, turinčius germanio tetrachlorido. Germanis gali būti gaunamas šių reakcijų metu:

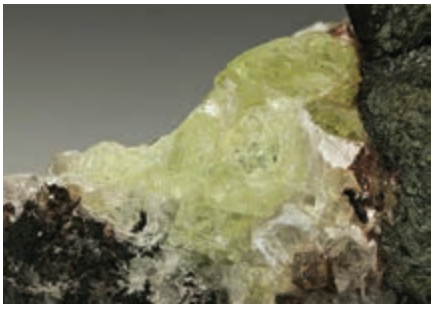
$$GeO_2 + 2C \rightarrow Ge + 2CO,$$

**292 pav.** Clemensas Winkleris

$GeO_2 + 2H_2 \rightarrow Ge + 2H_2O$,

$GeCl_4 + 2Zn \rightarrow Ge + 2Cl_2$.

Germanio savybės panašios į kaimynų – silicio ir alavo. Jam yra būdingas +4 oksidacijos laipsnis. Nors sukurta daug puslaidininkinių medžiagų, germanis išlieka svarbiausias tranzistorių gamyboje. Šiuo metu naudojamas ir šviesolaidžių technologijose. Nuo 1950 m. maždaug 20 metų germanis buvo plačiausiai naudojamas puslaidininkis. Dėl pranašesnių elektrinių savybių vėliau jį išstūmė silicis. Šiuo metu



**293 pav.** Germanitas ir reineritas

germanis daugiau naudojamas optiniuose-skaitmeniniuose prietaisuose, infraraudonųjų spindulių detektoriuose, elektronikoje, saulės energetikos įrenginiuose ir kaip polimerizacijos katalizatorius gaminant polimerus. Saulės plokštės yra dar viena labai svarbi germanio panaudojimo sritis. Jo plokštės yra skirtos daugiafunkciams fotovoltiniams elementams, naudojamiems kosminėje erdvėje. Kitas svarbus pritaikymas yra didelio ryškumo šviesos diodai, naudojami automobilių priekiniams žibintams ir ekranams. Neatlieka biologinio vaidmens. Toksiškumas mažai ištirtas.

**294 pav.** Germanio panaudojimas

# 33. Arsenas (As)

33
As
74,922

**295 pav.** Arsenas

Arsenas yra pilkai juodos spalvos pusmetalis (savybės junginiuose nemetališkos).

Pirmasis gryną arseną 1250 m. išgavo Albertus Magnus (Albertas Didysis, 1193–1280), kaitindamas muilą su arseniku. 1649 m. Johannas Schroderis pasiūlė du naujus arseno išgavimo metodus. Elementas pavadintas pagal vieną svarbiausių jo junginių – arseniką (arba diarseno trioksidas – $As_2O_3$). Pavadinimas kartais siejamas ir su geltona spalva, kuri yra būdinga kai kuriems arseno junginiams. Arsenas ir visi jo junginiai labai nuodingi, dėl to vertintas senovėje (arseno junginius minėjo net Aristotelis). Pradžioje du arseno junginiai – Paryžiaus žaliasis ir Šelės žaliasis – buvo naudojami kaip pigmentai. Vėliau, kai paaiškėjo jų žalingas poveikis sveikatai, naudoti kaip nuodai.

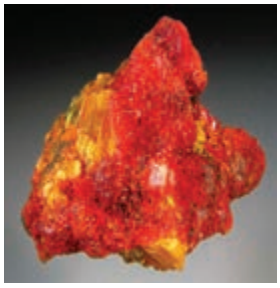
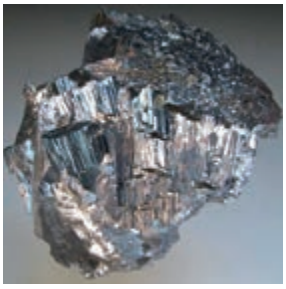
33
As
74,922

**296 pav.** Albertus Magnus

**297 pav.** Paryžiaus žaliasis ir Šelės žaliasis

Gamtoje daugiausia randamas junginiuose su metalais ar siera (MAsS ir $MAs_2$, čia M = Fe, Ni, Co). Nors arsenas randamas elementinėje formoje, tačiau pramonėje jis išgaunamas iš arsenopirito (FeAsS), realgaro ($As_4S_4$) ir orpimento ($As_2S_3$) mineralų rūdų. Kinija pagamina apie 70 % viso pasaulyje naudojamo arseno. Kaitinant FeAsS, arseno oksidas pereina į garų fazę ir taip atskiriamas nuo geležies. Gryninimas vykdomas kaitinant gautą arseno oksidą vakuume arba vandenilio atmosferoje.

Junginiuose arsenas yra +3 ir +5 oksidacijos laipsnių. Lengvai oksiduojasi iki oksido. Reaguoja su metalais, sudarydamas arsenidus, kuriuose, kaip ir $AsH_3$ junginyje, arseno oksidacijos laipsnis yra –3. Taigi arsenas su vandeniliu sudaro labai nuodingą, chemiškai mažai aktyvų hidridą.

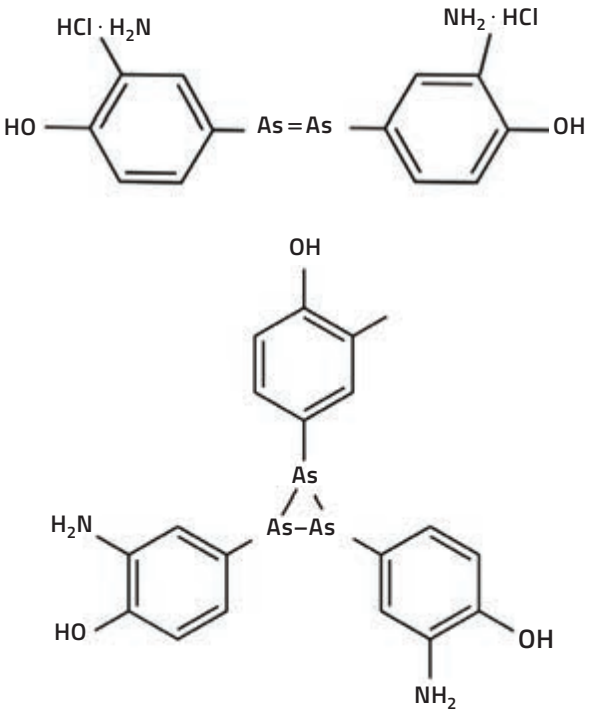
**298 pav.** Realgaras, arsenopiritas ir orpimentas

Nors arsenas yra nuodingas, šis elementas naudojamas ir pramonėje. Pavyzdžiui, arseno lydiniai su švinu ir mažu vario kiekiu naudojami gaminant šratus bei akumuliatorių baterijas. Nedideli As kiekiai pagerina Pb/Sb baterijų automobiliuose savybes.

Arseno druskos ir arsanai ($As_nH_{2n+2}$) yra ypač toksiški junginiai ir naudojami kaip herbicidai piktžolėms naikinti, kai kuriais junginiais naikinami vabzdžiai, grybeliai. Pastaruoju metu dėl toksiškumo jų naudojimas yra labai ribojamas. Arseno rūgštimi ($AsO(OH)_3$) vis dar impregnuojama mediena, norint prailginti jos eksploatavimo laiką, tačiau daugelyje išsivysčiusių šalių ši technologija jau yra ribojama arba draudžiama. Arseno dažnai yra liepsną malšinančių medžiagų sudėtyje. Jis plačiai naudojamas puslaidininkių pramonėje. GaAs ir InAs yra labai svarbūs šviesą emituojančių diodų, infraraudonųjų šviestukų ir panašių prietaisų

**299 pav.** Baterija ir šratai

33
As
74,922

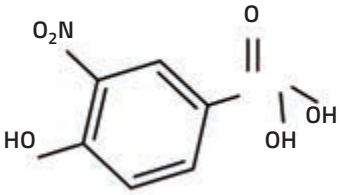


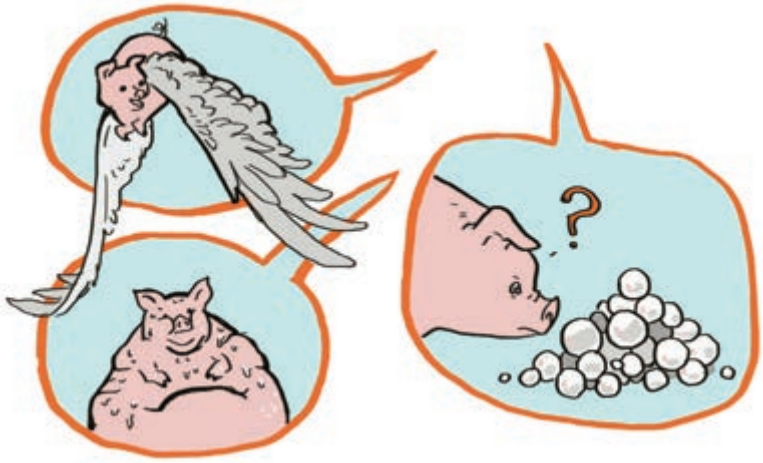

**300 pav.** Arsenofenolamino struktūrinės formulės

gamyboje. Arseno toksiškumas buvo panaudotas ir praktiniais tikslais medicinoje. 1909 m. Ehrlichas susintetino ir gydymui pritaikė arsenofenolaminą. Tai buvo pirmasis modernus chemoterapinis vaistas, efektyviai gydantis sifilį.

Įrodyta, jog arsenas yra būtinas mikroelementas paukščiams (vištoms, kalakutams) ir žinduoliams (žiurkėms, žiurkėnams, ožkoms). Arseno junginiai (roksarsonas, nitasonas) naudojami paukštininkystėje ir kiaulininkystėje. Papildai su arsenu gerina prieaugį, maisto efektyvumą bei apsaugo nuo ligų. Kai kurie organiniai arseno junginiai nėra toksiški. Tokių junginių yra ryžiuose, žuvyje ir jie nesukelia pašalinio neigiamo efekto. Vis dėlto arseno biologinis vaidmuo nėra pakankamai žinomas.

Arsenas yra vienas iš nuodingiausių elementų – sukelia vėžį, naikina DNR. Labai nuodingi yra arsenidai, pesticidai, $AsH_3$, jie kaupiasi plaukuose, naguose ir kt. Dėl didelės požeminio vandens taršos arsenu daug žmonių apsinuodijo Bangladeše ir kaimyninėse šalyse. Apskaičiuota, kad maždaug 57 milijonai žmonių Bengalijos baseine geria požeminį vandenį, kuriame arseno koncentracija viršija Pasaulio




**301 pav.** Arsenas – būtinas mikroelementas

sveikatos organizacijos standartą. Keletą šimtmečių San Pedro de Atakamos (Čilė) gyventojai gėrė arsenu užterštą vandensį, ir yra įrodymų, kad žmonės įgavo tam tikrą imunitetą arsenui.

34
Se
78,971

# 34. Selenas (Se)

**302 pav.** Selenas

Selenas – elementas, pasižymintis nemetališkomis savybėmis. Kartais vadinamas pusmetaliu, kadangi kai kurios savybės panašios į arseno.

Jį 1817 m. atrado du chemikai – Jönsas Jacobas Berzelius ir Johanas Gottliebas Gahnas Švedijoje, iš pirito gamindami sieros rūgštį. Degindami raudonas liekanas, jie pajuto kažkokį keistą krienų kvapą, panašų į arseno ar telūro degimo produktų, bet kitokį. Jönsas Jacobas Berzélius paskelbė, kad atrado elementą, labai panašų į telūrą, kuris pavadintas Žemės garbei. Seleno pavadinimas kildinamas iš graikiško žodžio *selene* (mėnulis).

Selenas yra santykinai retai gamtoje aptinkamas elementas. Reti, nors žinomi, ir jo junginiai – selenitai, selenatai ir kiti. Minerale selenite seleno nėra, jis – kalcio sulfato hidratas – atrastas anksčiau už seleną ir tik taip pavadintas. Selenas dažniausiai aptinkamas kaip priemaiša įvairiose sieros rūdose.

**303 pav.** Selenitas, kuriame nėra seleno

Komercijai selenas gaminamas kaip sieros rūdų valymo šalutinis produktas, pavyzdžiui, perdirbant vario, nikelio ar švino sulfidines rūdas. Elementinis selenas gali būti gautas vykdant sudėtingas reakcijas. Prieš paskutinį seleno sintezės etapą yra gaunamas seleno oksidas. Per metus pagaminama apie 2 000 tonų seleno.

Cheminių reakcijų metu gautas selenas dažniausiai būna plytinės raudonos spalvos milteliai, nors egzistuoja keletas atmainų. Pati patvariausia ir labiausiai pritaikoma – pilkasis selenas. 1873 m. Willoughby Smithas nustatė, kad pilkojo seleno elektrinė varža priklauso nuo aplinkos šviesos. Dėl to jis buvo naudojamas kaip šviesos jutiklis. Pirmieji komerciniai produktai, naudojantys seleną, buvo sukurti „Werner Siemens“ 1870 metais. 1879 m. nustatyta, kad selenas praleidžia elektros srovę, proporcingą ant jo paviršiaus krentančiam šviesos kiekiui. Šis reiškinys buvo pritaikytas projektuojant šviesos skaitiklius ir panašius įrenginius.

**304 pav.** Selenas spausdintuvuose

**305 pav.** Selenas (selenitai, selenatai) stikle

Stabilios seleno alotropinės atmainos jau yra puslaidininkiai. Seleno puslaidininkinės savybės daug kur panaudotos elektronikoje.

Seleno cheminės savybės labai panašios į sieros. Oksidacijos laipsniai tokie patys, mažai tirpus, nereaguoja su rūgštimis, sunkiau oksiduojasi, bet sudaro du oksidus ($SeO_2$ ir $SeO_3$). Žinomi selenatai ($K_2SeO_4$) ir selenitai ($Na_2SeO_3$). Karšta seleno rūgštis ($H_2SeO_4$) tirpina auksą. Analogiškai sulfidams yra žinomi ir selenidai. Vandenilio selenidas ($H_2Se$) yra aštraus kvapo, bespalvės labai nuodingos dujos. Metalų selenidai (HgSe, PbSe, ZnSe, Cu(Ga, In)$Se_2$) pasižymi puslaidininkinėmis savybėmis. Paskutinysis naudojamas saulės elementuose.

Selenas kaip pigmentas naudojamas spausdintuvuose, kopijavimo aparatuose (šviesai jautriuose būgnuose) ir stiklo dirbtuvėse. Selenas (selenitai, selenatai) suteikia stiklui raudoną spalvą, kuri panaikina stikle nereikalingus žalius ar geltonus atspalvius, atsirandančius dėl stiklo gamyboje naudojamose medžiagose esančių geležies priemaišų.

**306 pav.** Seleno papildai

Selenas naudojamas fotolaidininku įvairiuose detektoriuose, šviesos ir elektros skaitikliuose. Cinko selenidas naudojamas mėlyniesiems šviestukams gaminti. Didelis seleno druskų kiekis yra toksiškas, tačiau seleno mikrokiekiai yra reikalingi normaliam žmogaus organizmo funkcionavimui. Selenas yra daugelio multivitaminų ir maisto papildų sudedamoji dalis. Jo reikia normaliam skydliaukės darbui. Kartais selenas naudojamas siekiant sumažinti apsinuodijimą gyvsidabriu. Anksčiau buvo teigiama, kad seleno vartojimas gali padėti išvengti onkologinės ligos ar sustabdyti jos plitimą, tačiau tai patvirtinančių įrodymų nėra.

**307 pav.** Maisto produktai, kuriuose yra seleno

35
**Br**
79,904

# 35. Bromas (Br)

**308 pav.** Bromas. $Br_2$ – lakus skystis

Bromas – halogenų grupės elementas, nemetalas. Egzistuoja dviatomių molekulių pavidalo. Dibromas ($Br_2$) yra tamsiai raudonai oranžinės spalvos labai lakus skystis. Kambario temperatūroje bromas garuoja ir virš skysčio susidaro rudi garai – labai skvarbios ir nemalonaus kvapo dujos. Skystas bromas degina odą, dujinis – dirgina akis ir kvėpavimo takus. Bromas labai reaktingas. Gamtoje grynas nėra, randamas tik junginiuose.

Manoma, kad elemento pavadinimą lėmė jo nemalonus kvapas (gr. *bromos* – smarvė, nemalonus kvapas). Bromą savarankiškai atrado du chemikai – 1825 m. vokietis Carlas Jacobas Löwigas (1803–1890) ir 1826 m. prancūzas Antoine'as Jerome'as Balard'as (1802–1876). Pirmąsyk bromą išskyrė C. J. Löwigas,

**309 pav.** Antoine'as Jerome'as Balard'as ir Carlas Jacobas Löwigas

ekstrahuodamas vandenį, tačiau A. J. Balard'as pirmasis paskelbė, kad gavo bromą, 1826 m. sieros rūgštimi ir mangano dioksidu veikdamas kalio bromidą:

$$2KBr + 2H_2SO_4 + MnO_2 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + Br_2 + 2H_2O.$$

Bromo yra gerokai mažiau Žemėje nei fluoro ar chloro. Jūros vanduo yra pagrindinis $Br_2$ gamtinis šaltinis, tačiau druskinguose ežeruose bromido jonų koncentracijos daug didesnės. Negyvosios jūros vandenyje bromido koncentracija siekia 0,4 %. JAV ir Izraelis yra pagrindinės bromą eksportuojančios šalys. Bromo produkcija sudaro vieną šimtąją chloro produkcijos dalį. Iš vandens bromas ekstrahuojamas chloru:

$$2Br^- + Cl_2 \rightarrow Br_2 + 2Cl^-.$$

Komerciniame brome visada yra apie 0,3 % chloro. Bromas laikomas sandariai uždarytuose stikliniuose induose.

Bromo cheminės savybės yra tarpinės tarp chloro ir jodo. Audringai reaguoja su šarminiais metalais. Reaguodamas su vandeniliu sudaro stiprią vandenilio bromido rūgštį (HBr). Bromas yra geras oksidatorius. Fosforą gali oksiduoti iki fosforo rūgšties:

$$2P + 6H_2O + 3Br_2 \rightarrow 6HBr + 2H_3PO_3,$$

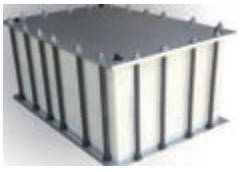
35
Br
79,904

**310 pav.** Sidabro bromidas (AgBr) ir jo panaudojimas

$$H_3PO_3 + H_2O + Br_2 \rightarrow 2HBr + H_3PO_4.$$

Daugelis periodinės sistemos elementų sudaro bromidus. Fotografijoje gerai žinomas vandenyje netirpus sidabro bromidas (AgBr). Jis naudojamas gaminant šviesai jautrias fotojuostas.

Bromo junginiai daugiausia naudojami kaip antipirenai. Gaisro metu susidarantis HBr trukdo vystytis degimo reakcijai. Etileno bromidu naikinami kenkėjai dirvožemyje. Bromas taip pat naudojamas katalizatorių, pavyzdžiui, aliuminio bromido, gamybai. Bromo yra įvairių organinių dažų sudėtyje, kituose organiniuose



**311 pav.** Cinko-bromo akumuliatoriai

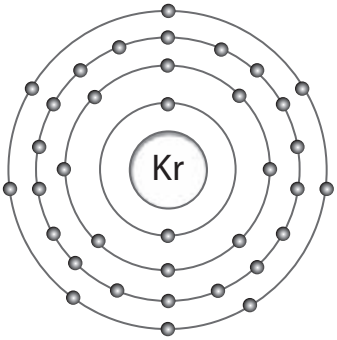
junginiuose, tinkančiuose pesticidų, vaistų, fotopopieriaus dažų, polimerų, benzino priedų gamybai.

XIX a. pabaigoje ir XX a. pradžioje kalio ir natrio bromidai buvo naudojami kaip prieštraukuliniai ir raminamieji vaistai, tačiau palaipsniui juos pakeitė barbitūratai. Pirmojo pasaulinio karo metais buvo naudojamos nuodingos bromo junginių dujos. Organiniai bromo junginiai naudojami kaip didelio tankio gręžimo skysčiai. Cinko-bromo akumuliatoriai yra hibridinės baterijos, kaupiančios ir saugančios stacionarias elektros energijos atsargas.

Bromas naudojamas kaip analitinis reagentas atpažįstant nesočiuosius angliavandenilius. Bromo biologinis vaidmuo nėra tiksliai žinomas. Bromidai nėra toksiški.

36
Kr
84,798

# 36. Kriptonas (Kr)



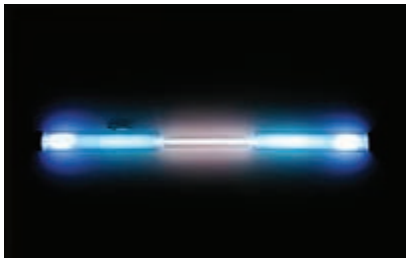

**312 pav.** Kriptonas

Kriptonas – bespalvės, bekvapės, beskonės inertinės dujos, sudaro 0,0001 % atmosferos dalies. Vienos rečiausių dujų Žemės atmosferoje. Ilgą laiką kriptonas buvo tyrinėjamas tik kartu su argonu, kadangi jo nebuvo galima išskirti, jis buvo tarsi paslėptas. Todėl jam ir suteiktas toks pavadinimas (gr. *krypton* – paslėptasis). Kriptoną 1898 m. atrado škotų chemikas seras Williamas Ramsay'us ir anglų chemikas Morrisas Traversas (1872–1961) Didžiojoje Britanijoje.

**313 pav.** Morrisas Traversas

1960 m. Tarptautinė matavimų komisija patvirtino, kad metras yra kriptono-86 izotopo skleidžiamos šviesos 1,650,763.73 bangos ilgiai. 1983 m. metro apibrėžimas buvo pervadintas.

Kriptonas yra gaunamas iš suskystinto oro. Kriptono frakcija nuo deguonies paprastai atskiriama redukcijos metu medžio anglimi iki $CO_2$. Yra žinomi kriptono junginiai su fluoru ($KrF_2$) ir įtarpos junginiai su vandeniu. Kriptono hidrido ($Kr(H_2)_4$) kristalai išauginti esant didesniam nei 5 Gpa slėgiui.



**314 pav.** Kriptonas fluorescencinėse lempose

Naudojamas fluorescencinėse lempose, fotoblykstėse. Šviečia ryškiai balta šviesa. Mišiniuose su kitomis dujomis šviečia žalsvai geltona spalva. Žinomas kriptono fluorido lazeris, kurio spindulys yra labai monochromatinis. Kriptonas taip pat naudojamas elektrinėse reklaminėse lempose. Nėra toksiškas. Nevaidina biologinio vaidmens. Kvėpavimas mišiniu, sudarytu iš 50 % kriptono ir 50 % oro, sukelia narkozę.

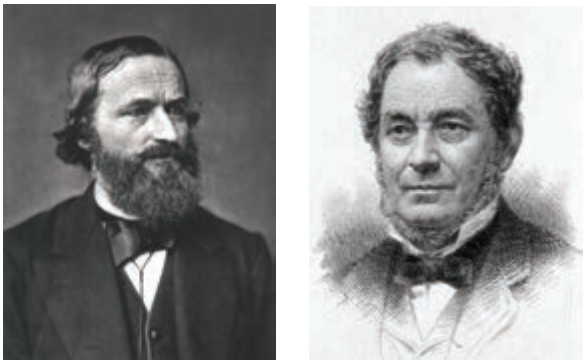
**315 pav.** Kriptono lazeris

37
Rb
85,468

# 37. Rubidis (Rb)

**316 pav.** Rubidis

Rubidis yra šarminių metalų elementas. Minkštas, balkšvas metalas. Ore labai greitai oksiduojasi, užsiliepsnoja. Lydosi 38 °C temperatūroje. Spektrinės analizės metodu tyrinėdami Diurheimo mineralinio vandens šaltinius, rubidį 1861 m. Vokietijoje atrado vokiečių chemikas Robertas Wilhelmas Eberhardas Bunsenas (1811–1899) (*University of Göttingen*) ir prūsų fizikas Gustavas Robertas Kirchhoffas



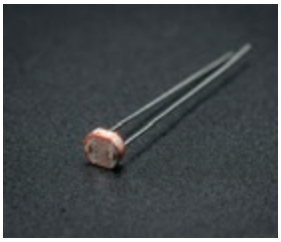
**317 pav.** Gustavas Robertas Kirchhoffas
ir Robertas Wilhelmas Eberhardas Bunsenas

**318 pav.** Rubidžio jonai nudažo liepsną žydrai raudona spalva

(1824–1887) (*University of Königsberg*). Metalinį rubidį pirmą kartą išskyrė R. W. E. Bunsenas, 1863 m. anglimi redukuodamas rubidžio hidrotartatą ($RbHC_4H_4O_6$). Rubidžio pavadinimas kildinamas iš lotyniško žodžio *rubidus* – raudonas, tamsiai raudonas.

Randamas granito, bazalto kalkių ir kitų gruntų pavyzdžiuose, taip pat akmens anglies kloduose, jūros bei žemės augaluose ir gyvuose organizmuose. Joninis $Rb^+$ skersmuo panašus į $Cs^+$ ir $K^+$, todėl jis randamas plačiai paplitusiuose kalio turinčiuose mineraluose. Savo mineralų rubidis neturi. Palyginti aukštą rubidžio koncentraciją turi šie mineralai: lepidolitas, biotitas, amazonitas, petalitas, cinvalditas, bezilas, leucitas, trifilinas ir labai retas avogadritas. Visi jie, išskyrus du paskutiniuosius, yra aliumosilikatai (dažniausiai kalio).

Rubidis gaunamas redukuojant rubidžio chloridą kalciu arba mišraus alūno $(Cs, Rb)Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ frakcinės kristalizacijos būdu – po 30 etapų gaunamas rubidžio aliuminio alūnas. Rubidžio jonai nudažo liepsną žydrai raudona spalva, todėl naudojamas fejerverkuose.

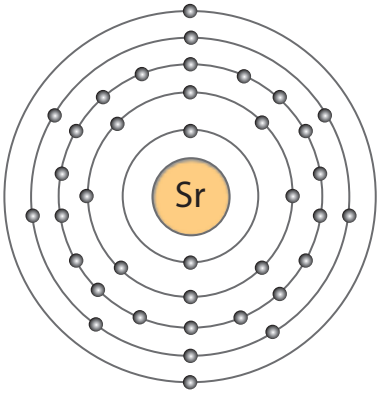


**319 pav.** Fotorezistorius

Antrasis elektroteigiamiausias metalas ir labai reaktingas. Cheminės savybės analogiškos natrio cheminėms savybėms. Rubidis naudojamas vakuuminiuose vamzdeliuose liekamosioms dujoms (orui) sugerti, fotoelementuose, pvz., CdS fotorezistoriuje.

38
Sr
87,62

# 38. Stroncis (Sr)




**320 pav.** Stroncis

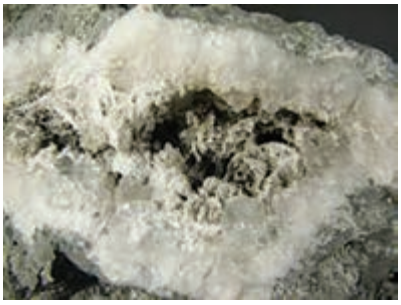
Stroncis – šarminių žemių metalų pogrupio elementas. Sidabriškai baltos spalvos minkštas, labai reaktingas metalas. Pirmasis stroncį atrado škotų chemikas ir medicinos chirurgas, Karališkosios karinės akademijos profesorius Williamas Cruickshankas (?–1810 /1811). Stroncianito minerale jis aptiko nežinomą medžiagą. Mineralas stroncianitas ($SrCO_3$), iš kurio išgautas stroncis, pavadintas Škotijos kaimelio Strontiano garbei, kurio kasyklose buvo išgaunamas švinas. Kiti gamtoje aptinkami stroncio mineralai yra celestinas ($SrSO_4$) ir putnisitas ($SrCa_4Cr_8(CO_3)_8(SO_4)(OH)_{16} \cdot 25H_2O$).

**321 pav.** Williamas Cruickshankas

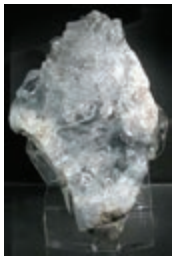
**322 pav.** Strontiano kaimas

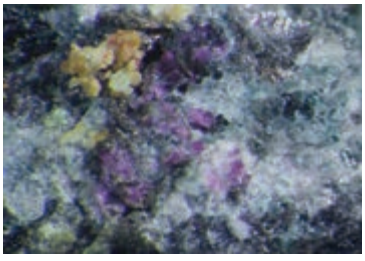
Metalinį stroncį iš stroncio chlorido ir gyvsidabrio oksido mišinio elektrolizės būdu pirmą kartą 1808 m. išskyrė seras Humphery'is Davy'is. Dabar stroncis gaunamas iš celestino – sulfatas redukuojamas iki sulfido, o sulfidas karbotermiškai – iki metalinio Sr:

$$SrSO_4 + 2C \rightarrow SrS + 2CO_2,$$



**323 pav.** Stroncianitas iš Škotijos ir Slovakijos





**324 pav.** Celestinas ir putnisitas

38
Sr
87,62

**325 pav.** Stroncio jonai nudažo liepsną tamsiai raudona spalva

$2SrS + C \rightarrow 2Sr + CS_2$.

Arba kaitinant SrO ir aliuminį vakuume 1 200 °C temperatūroje:

$6SrO + 2Al \rightarrow 3SrO{\cdot}Al_2O_3 + 3Sr$.

Stroncio cheminės savybės panašios į kalcio bei bario. Chemiškai labai aktyvus. Oro deguonis stroncį lengvai oksiduoja, susidaro stroncio oksidas, todėl stroncis irgi laikomas hermetiniame inde arba alyvoje:

$2Sr + O_2 \Longrightarrow 2SrO$.

Su vandeniu aktyviau reaguoja nei kalcis:

$Sr + 2H_2O \Longrightarrow Sr(OH)_2 + H_2$.

**326 pav.** Stroncis spalvotųjų televizorių ekranų stikluose

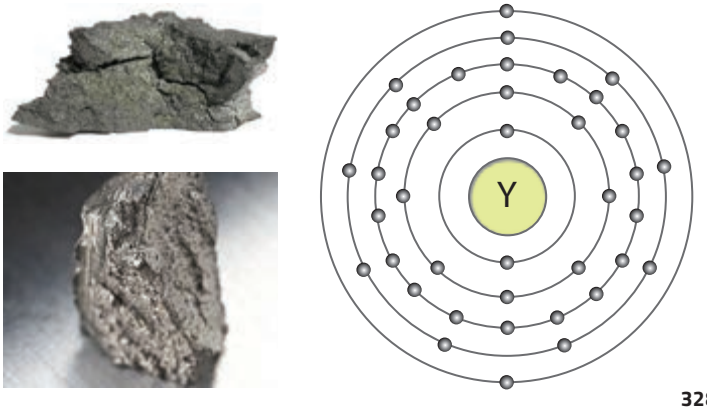
**327 pav.** Dantų pasta jautriems dantims

Reaguodamas su rūgštimis (išskyrus azoto) išskiria vandenilį. Reaguoja su halogenais, siera, azotu, vandeniliu, anglimi. Su daugeliu metalų sudaro metališkus junginius.

Stroncio jonai nudažo liepsną tamsiai raudona spalva, todėl naudojamas fejerverkuose. Daugiausia stroncio sunaudojama (SrO pavidalo) spalvotųjų televizorių ekranų stikluose, katodiniuose spindulių vamzdeliuose – apsaugo nuo rentgeno spinduliuotės. Kartais stroncio chloridas naudojamas jautriems dantims skirtoje dantų pastoje. Gyvame organizme apie 99 % stroncio yra kauluose.

39
Y
88,906

# 39. Itris (Y)




**328 pav.** Itris

Itris – minkštas, sidabriškai baltos spalvos metalas, savo savybėmis panašus į lantanoidus. Iki 1920 m. buvo žymimas Yt.

1787 m. Carlas Axelis Arrhenius (1757–1824) netoli Švedijos kaimelio Iterbiu rado naują mineralą ir pavadino jį iterbitu. 1789 m. Suomijos chemikas Johanas Gadolinas (1760–1852) iterbite rado itrio oksido, kurį vadino *yttria*. 1828 m.

**329 pav.** Carlas Axelis Arrhenius ir Johanas Gadolinas

**330 pav.** Minami-Torišima sala

Friedrichas Wöhleris pirmasis gavo gryną itrį, kuris ir buvo pavadintas pagal mineralo ar miestelio pavadinimą.

1843 m. Carlas Gustafas Mosanderis itrio oksido pavyzdyje aptiko dar du oksidus: be balto itrio oksido, rado geltoną terbio oksidą ir rožinį erbio oksidą. Tame pačiame okside 1878 m. Jeanas Charlesas Galissard'as de Marignacas rado ir ketvirtąjį iterbio oksidą. Vėliau iš visų oksidų izoliuoti nauji metalai taip pat buvo pavadinti Iterbiu vietovės garbei (iterbis, terbis ir erbis). Iš viso itrio okside buvo rasti 9 nauji elementai. Kadangi itrio oksidas buvo traktuojamas ne kaip paprastas oksidas, o mineralas, jo pavadinimas iš *yttria* Johano Gadolino garbei buvo pakeistas į gadolinitą.

Itris dažniausiai randamas retųjų žemių mineraluose su kitais lantanoidais. Niekada nerastas metalinis itris. Nors itris ir retas elementas, bet apie 400 kartų labiau paplitęs nei sidabras. 2018 m. Japonijos Minami-Torišima saloje aptikti didžiuliai retųjų žemių elementų, tarp jų ir itrio, klodai.

**331 pav.** $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ naudojamas baltos spalvos šviestukuose

Itrio išgavimas iš retųjų žemių elementų rūdų yra sudėtingas procesas. Per metus pagaminama apie 600–700 tonų itrio. Itris yra stabilus ore. Itrio oksidacijos laipsnis visuose junginiuose yra +3. Tuo jis skiriasi nuo kai kurių lantanoidų, kurių oksidacijos laipsniai gali kisti.

Itris naudojamas šviestukuose, fosforuose, televizorių ekranų katodinių spindulių vamzdeliuose raudonai spalvai sukurti. Itrio junginiai naudojami elektrodų, kietųjų elektrolitų (itriu stabilizuotas cirkonio oksidas), elektroninių filtrų, lazerių (neodimiu legiruotas itrio aliuminio granatas), katalizatorių, superlaidininkų gamyboje, medicinos technologijose.

1987 m. buvo atrastas itrio-bario-vario oksido superlaidumas – tai pirmasis junginys, kuriame superlaidumas pasireiškė 90–92 K temperatūroje, aukštesnėje nei azoto virimo temperatūra. Itris taip pat naudojamas fotoaparatų lęšiuose ir objektyvuose, mobiliųjų telefonų ekranuose. Itriu stabilizuotas cirkonio oksidas naudojamas kaip deguonies jutiklis nustatant deguonies kiekį automobilių dujų išmetimo vamzdžiuose.

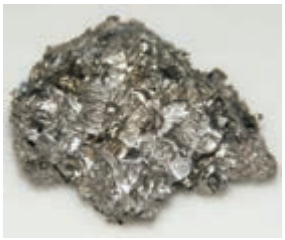
**332 pav.** Nd: YAG lazerio strypas ir kristalai

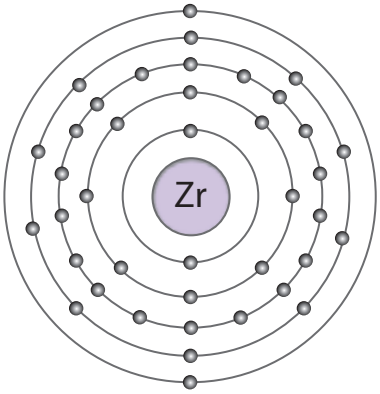
Nuo 1926 m., kai pirmą kartą buvo ištirta natūralių silikatinių mineralų granatų šeima, jiems priskiriami kiti granatų junginiai tapo viena labiausiai tyrinėjamų medžiagų grupių. Granatai, kuriuose yra pereinamųjų metalų bei retųjų žemių metalų, pasižymi ypatingu technologiniu pritaikymu. Kaip šviečiančios medžiagos jie naudojami kietafaziuose lazeriuose, televizorių ekranuose ar dioduose. Dėl unikalių magnetinių ir optinių savybių granatai yra svarbūs komponentai kompiuterinėse atminties laikmenose, silicio saulės elementuose ar mikrobangų krosnelėse. Granatai buvo naudojami ir kaip brangakmeniai. Itrio aliuminio granatas ($Y_3Al_5O_{12}$, YAG) yra populiariausias dirbtinis granatas, pasižymintis itin dideliu terminiu ir cheminiu atsparumu, todėl plačiai taikomas liuminescencijoje. $Ce^{3+}$, $Tb^{3+}$, $Er^{3+}$, $Eu^{3+}$ ar $Cr^{3+}$ legiruotas YAG panaudojamas kaip įvairiaspalvis fosforas. Atitinkamai parenkant lantanoidus gaunama raudona, žalia ir mėlyna šviesos (RGB), kurios yra baltos šviesos pagrindinės sudedamosios dalys. Be to, šie fosforai yra potencialūs tolimosios raudonos spalvos diodų, kurie galėtų būti panaudoti augalų auginimui, junginiai. Nors žmogaus akis nėra jautri tolimajai raudonai šviesai, tačiau būtent šio bangos ilgio spinduliai giliai prasiskverbia į žmonių audinius. Todėl europiu ar chromu legiruoti junginiai galėtų būti pritaikyti optiniam vaizdavimui medicinoje.

Itris nevaidina biologinio vaidmens. Visame žmogaus organizme galima aptikti apie 0,5 mg itrio.

40
Zr
91,224

# 40. Cirkonis (Zr)






**333 pav.** Cirkonis

Cirkonis – blizgus, pilkai baltas, plastiškas, kalus, atsparus korozijai metalas.

Cirkonio brangakmeniai buvo žinomi nuo senovės laikų. Kaip papuošalus juos naudojo senovės egiptiečiai. Cirkonio mineralas pirmą kartą aptiktas 1789 m.: vokiečių chemikas Martinas Klaprothas analizavo mineralą iš Ceilono salos (dabar Šri Lanka) ir išskyrė cirkonio oksidą ($ZrO_2$). Gryno metalo jam išskirti nepavyko. 1808 m. Humphry'is Davy'is bandė išskirti šį naują elementą iš mineralo elektrolizės būdu, bet irgi nepavyko. Tik 1824 m. švedas Jönsas Jacobas Berzelius, šildydamas kalio ir kalio cirkonio fluorido ($K_2ZrF_6$) mišinį geležies vamzdelyje, pirmą kartą gavo metalinio cirkonio juodus miltelius.

Yra dvi pavadinimo versijos, kurios pabrėžia cirkonio ypatybę būti laikomu vertingu daiktu. Cirkonis (lot. *zirconium*) pavadintas pagal mineralo cirkono (*zircon*), kuris yra svarbiausias cirkonio šaltinis, pavadinimą. Pašildytas šis mineralas tampa panašus į deimantą. Persų kalboje žodis *zargun* reiškia „panašus į auksą".

**334 pav.** Cirkonio brangakmeniai

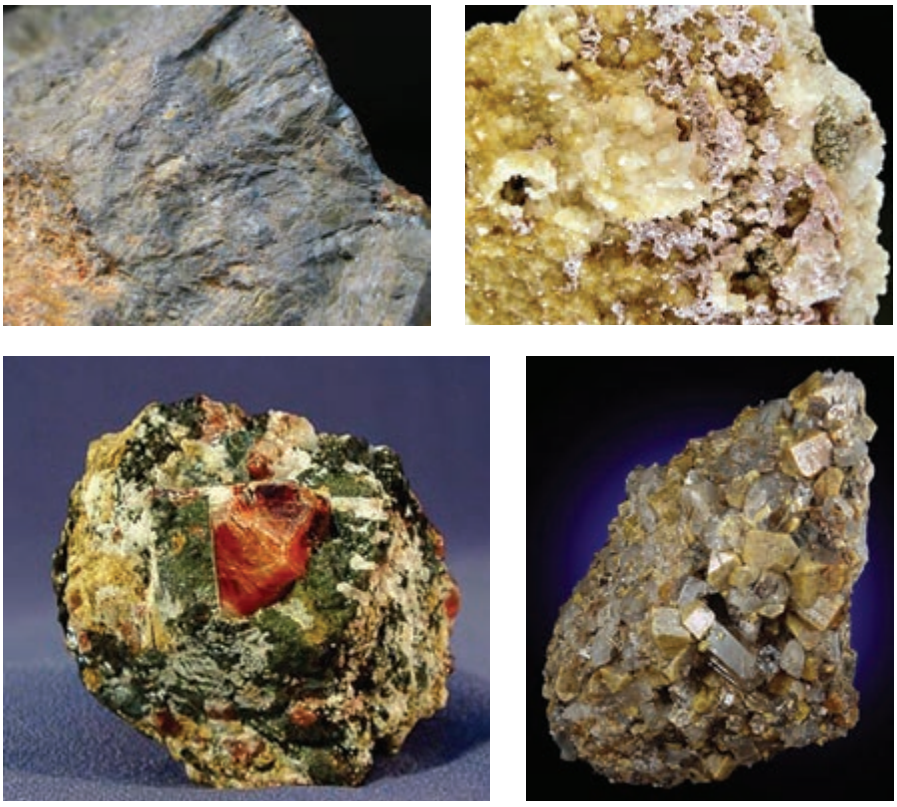
Gamtoje randamas tik junginiuose, mineralai reti (cirkonas ($ZrSiO_4$), badeleitas ($ZrO_2$), kosnaritas ($KZr_2(PO_4)_3$), hiacintas ($ZrSiO_4$), jargūnas ($ZrO_2$), iš viso apie 140 mineralų). Apie 1,5 mln. tonų cirkono kasmet išgaunama Australijoje ir Pietų Afrikos Respublikoje. Badeleito daugiausia randama Brazilijoje. Nuo 1925 m. grynas cirkonis ilgą laiką buvo gaunamas metodu, kurį pasiūlė olandų chemikai Antonas Eduardas van Arkelis ir Janas Hendrikas de Boeras, t. y. skaidant cirkonio jodidą ($ZrI_4$). Šiuo metu cirkonis iš rūdų gaunamas chloridiniu ar šarminiu būdu. Pirmasis šį procesą pasiūlė Williamas Justinas Krollas iš Liuksemburgo:

$$ZrCl_4 + 2Mg \rightarrow Zr + 2MgCl_2.$$

Aukštoje temperatūroje cirkonis sugeria vandenilį sudarydamas cirkonio hidridus. Savybės panašios į hafnio, kiek mažiau į titano. Tirpsta druskos ir sieros rūgštyse. Junginiuose cirkonio oksidacijos laipsnis yra +4. Įdomus junginys yra cirkonio volframatas: priešingai nei daugelis kitų, jis šildomas traukiasi.

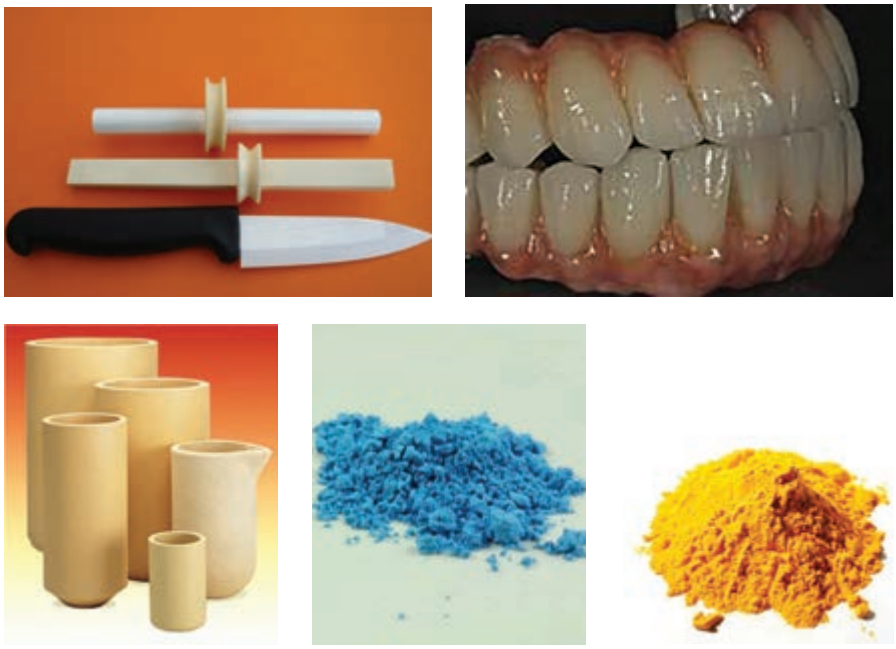
**335 pav.** Cirkonas

40
Zr
91,224



**336 pav.** Badeleitas, kosnaritas, hiacintas ir jargūnas

Cirkonio junginiai daugiausia naudojami kaip ugniai atsparios medžiagos metalurginėse krosnyse, matiniam stiklui gauti, branduolinėje energetikoje. Nedideli kiekiai metalinio cirkonio lydinius daro atsparesnius korozijai. Cirkonio junginiai taikomi įvairiose srityse. Cirkonio halogenidai naudojami gaminant šviesolaidžius, lazerius, specialų stiklą, cheminius jutiklius. Cirkonio nitridas ($Zr_3N_4$) naudojamas gaminant keramiką, antifrikcines bei apsaugines dangas. Karbidu (ZrC) dengiami metalai, iš jo gaminami ugniai atsparūs lydiniai, grąžtai, peiliai. Cirkonio oksidas naudojamas gaminant agresyvioms terpėms atsparią keramiką, cheminius tiglius, stiklą, emalį, abrazyvą, švitrinį popierių, aukštos temperatūros elektrodus, taip pat optiniuose elektros prietaisuose, aviacijoje, raketinėje technikoje, o monokristalai – gaminant lazerius bei juvelyrikoje (deimantų pakaitalas). Mineralas



**337 pav.** Cirkonio junginių panaudojimas

cirkonas naudojamas uolienų datavimui, taip pat juvelyrikoje. Švino cirkonatas (PZT) – labiausiai žinomas pjezoelektrikas – naudojamas ultragarso keitikliuose, pjezoelektriniuose transformatoriuose ir kt.

Iš cirkonio keramikos odontologijoje gaminami vainikėliai (karūnėlės) ir implantai, ortopedijoje – dirbtiniai sąnariai. Cirkonio junginiai naudojami dializės procesuose. Cirkonis neadsorbuoja neutronų, todėl naudojamas branduolinėse jėgainėse. Cirkono mineralo mišinys su vanadžiu ar prazeodimiu naudojamas kaip mėlynasis ar geltonasis pigmentas.

Cirkonio lydinių trūkumas yra tas, kad aukštoje temperatūroje (apie 900 °C) cirkonis audringai reaguoja su vandeniu ir išsiskiria vandenilis:

$$Zr + 2H_2O \rightarrow ZrO_2 + 2H_2.$$

2011 m. Japonijoje vykusio žemės drebėjimo ir cunamio bangų padarinys – išsiskyręs vandenilis, kuris, reaguodamas su deguonimi, sukėlė sprogimą, suardžiusį Fukušimos branduolinės elektrinės trijuose reaktoriuose apsauginius lakštus.

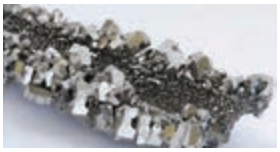
40
Zr
91,224

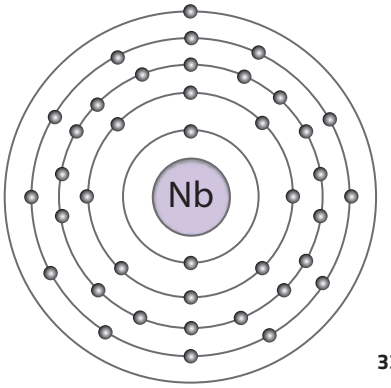
**338 pav.** Fukušimos elektrinė

Cirkonio junginių biologinis vaidmuo nežinomas, tačiau žmogaus organizme jo yra apie 250 mg. Cirkonio yra kviečiuose, ruduose ryžiuose, špinatuose, kiaušiniuose, jautienoje.

Cirkonio junginiai nėra toksiški.

# 41. Niobis (Nb)






**339 pav.** Niobis

Niobis (anksčiau vadintas kolumbiu, Cb) – minkštas, pilkas, elastingas, panašaus kietumo kaip titanas, atsparus korozijai metalas.

Niobis buvo aptiktas kaip sudedamoji tantalo rūdų dalis, o senovės graikų sakmėse Niobė buvo pusdievio Tantalo dukra. Taigi niobis yra tantalo bendravardis. Kurį laiką niobis buvo vadintas kolumbiu (*columbium*), kadangi jo atradėjas anglų chemikas Charlesas Hatchettas (1765–1847) 1801 m. elementą aptiko iš Amerikos į Angliją atsiųstame kolumbito minerale. Šį mineralą 1734 m. atsiuntė Johnas Winthropas (*Fellow* of *the Royal Society*) (Johno Winthropo jaunesniojo, Konektikuto valstijos gubernatoriaus, anūkas). Tačiau 1802 m. švedų chemikas Andersas Gustavas Ekebergas (1767–1813) kolumbite aptiko dar vieną naują elementą – tantalą. 1809 m. anglų chemikas ir fizikas Williamas Hyde'as Wollastonas (1766–1828) teigė, kad tantalas ir kolumbis yra vienas ir tas pats elementas. 1844 m. vokiečių chemikas Heinrichas Rose'as (1795–1864) Bavarijos kolumbite irgi aptiko kolumbį, tačiau pavadino niobiu. 1864–1865 m. galutinai buvo pripažinta, kad kolumbis ir niobis tikrai yra tas pats elementas. Tik 1950 m. niobis buvo priimtas kaip norminis pavadinimas, iki tol anglai ir amerikiečiai visą šimtmetį rinkosi kolumbio variantą.

41
**Nb**
92,906

**340 pav.** Tantalas ir Niobė

1864 m. šveicarų chemikas Jeanas Charlesas Galissardas de Marignacas (1817–1894) ir švedų chemikas Christianas Wilhelmas Blomstrandas (1826–1897) pirmieji išskyrė elementinį niobį, redukuodami niobio chloridą vandeniliu.

Niobis yra retas metalas, randamas pirochlore ($(Na, Ca)_2Nb_2O_6(OH, F)$), euksenite ($(Y, Ca, Ce, U, Th)(Nb, Ta, Ti)_2O_6$), koltane ($(Fe, Mn)(Ta, Nb)_2O_6$), niobite ($Fe(NbO_3)_2$), kolumbite ($(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$). Gryno niobio gamtoje niekada nebūna, tačiau jo junginių galima rasti Brazilijoje, Kanadoje, Nigerijoje, Zaire ir Rusijoje. Gryninant rūdas gaunamas niobio ir tantalo oksidų ($Nb_2O_5$ ir $Ta_2O_5$) mišinys. Norint juos atskirti, mišinys tirpinamas vandenilio fluorido rūgštyje:

$$Ta_2O_5 + 14HF \rightarrow 2H_2[TaF_7] + 5H_2O,$$

$$Nb_2O_5 + 10HF \rightarrow 2H_2[NbOF_5] + 3H_2O.$$

Susidarę junginiai pasižymi skirtingomis savybėmis (tirpumas, ekstrahavimas) ir nesunkiai atskiriami. Elektrolizuojant išlydytas druskas gaunamas grynas niobis.

Oro atmosferoje oksiduojasi labai lėtai. Niobio fizikinės ir cheminės savybės labai panašios į tantalo. Aukštoje temperatūroje reaguoja beveik su visais nemetalais. Atsparus rūgščių poveikiui. Tirpsta HF arba $HF/HNO_3$ mišinyje. Pagrindinis

**341 pav.** Charlesas Hatchettas, Andersas Gustavas Ekebergas, Williamas Hyde'as Wollastonas ir Heinrichas Rose'as

oksidacijos laipsnis junginiuose yra +5. Pagrindiniai junginiai yra $Nb_2O_5$, $NbCl_5$, metalų niobatai ($LiNbO_3$, $LaNbO_4$).

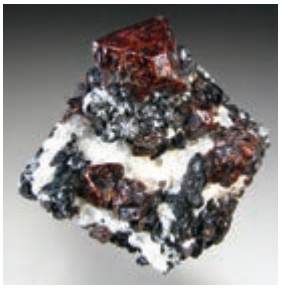
Pradžioje niobis buvo naudojamas kaitinimo siūleliui elektros lemputėse, bet greitai buvo pakeistas volframu. Pramonėje niobis yra įvairių plieno lydinių sudedamoji dalis. Ypač svarbus feroniobis – lydinys su geležimi, kuriame yra apie 60–70 % niobio. Apie 90 % išgautos niobio rūdos panaudojama aukštos klasės plieno gamybai, iš kurio gaminamos reaktyvinės turbinos. Niobis taip pat naudojamas radiotechnikoje, kompiuterių gamyboje, branduolinėje pramonėje, elektronikoje, optikoje, suvirinimo darbuose ir juvelyrikoje vietoj nikelio. Iš geležies ir niobio lydinio, kuriame yra tik 0,1 % niobio, gaminami dujotiekio vamzdžiai. Niobis padidina plieno atsparumą mechaninėms apkrovoms ir temperatūrai, todėl

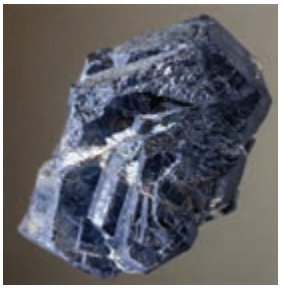
41
**Nb**
92,906

**342 pav.** Jeanas Charlesas Galissardas de Marignacas ir Christianas Wilhelmas Blomstrandas

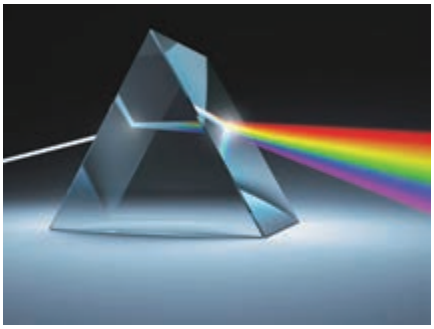
naudojamas net raketų varikliams gaminti. Niobio, titano ir alavo superlaidieji lydiniai yra magnetinio rezonanso prietaisuose.

Ličio niobatas, kuris yra feroelektrikas, plačiai naudojamas mobiliuosiuose telefonuose ir optiniuose moduliatoriuose bei paviršinių akustinių bangų įrenginių gamyboje. Siekiant didesnio lūžio rodiklio ir galimybės pagaminti plonesnius ir lengvesnius korekcinius akinius, į stiklą dedama niobio. Niobis (dažnai lydiniuose su sidabru ar auksu) naudojamas proginėms monetoms gaminti. Niobis ir jo





**343 pav.** Pirochloras, niobitas, kolumbitas ir euksenitas



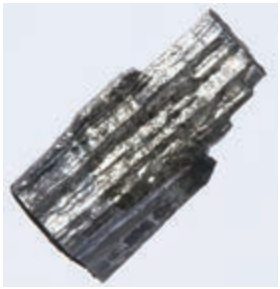
**344 pav.** Niobio panaudojimas

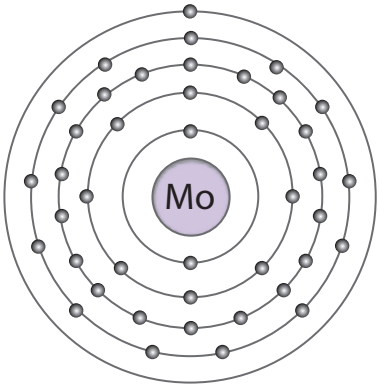
junginiai naudojami kaip katalizatoriai, greitinantys įvairias chemines reakcijas. Aviacijoje propelerių mentės gaminamos iš niobio lydinių.

Medicinoje naudojamas implantams gaminti. Niobis neturi biologinio vaidmens. Junginiai yra vidutinio toksiškumo.

42
Mo
95,95

# 42. Molibdenas (Mo)





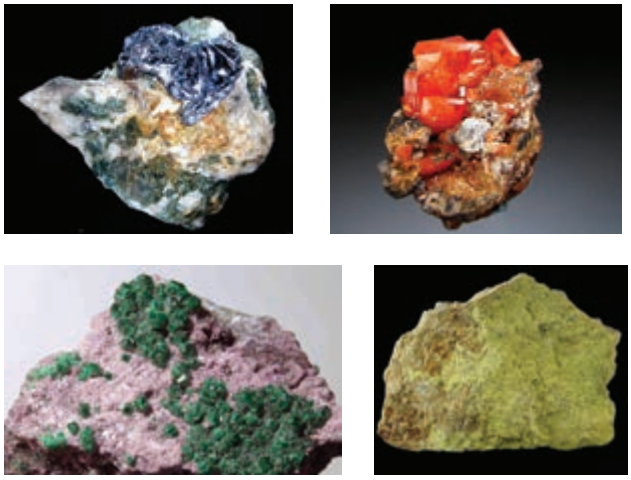

**345 pav.** Molibdenas

**346 pav.** Peteris Jacobas Hjelmas

Molibdenas – sidabriškai pilkas, ganėtinai retas (panašiai, kaip volframas) metalas.

Molibdeno pavadinimas yra kildinamas iš lotynų ir graikų kalbų žodžių, reiškiančių švinas. Tai susiję su faktu, kad molibdeno rūdos labai dažnai buvo sunkiai atskiriamos nuo švino rūdų. Molibdeną 1778 m. atrado švedų chemikas Carlas Wilhelmas Scheelė. Metalinis molibdenas išskirtas 1781 m. – tą padarė kitas švedų chemikas Peteris Jacobas Hjelmas (1746–1813).

Laisvo molibdeno Žemės plutoje nėra, randamas tik junginiuose. Pagrindinė molibdeno rūda yra molibdenitas ($MoS_2$). Dar molibdeno randama vulfenite ($PbMoO_4$), povelite ($CaMoO_4$), molibdite ($MoO_3$).



**347 pav.** Molibdenitas, vulfenitas, povelitas ir molibditas

Per metus pagaminama apie 250 tūkst. tonų molibdeno. Iš molibdenito gaunamas molibdeno oksidas, iš kurio, redukuojant vandeniliu, gaunamas molibdenas:

$$2MoS_2 + 7O_2 \rightarrow 2MoO_3 + 4SO_2,$$

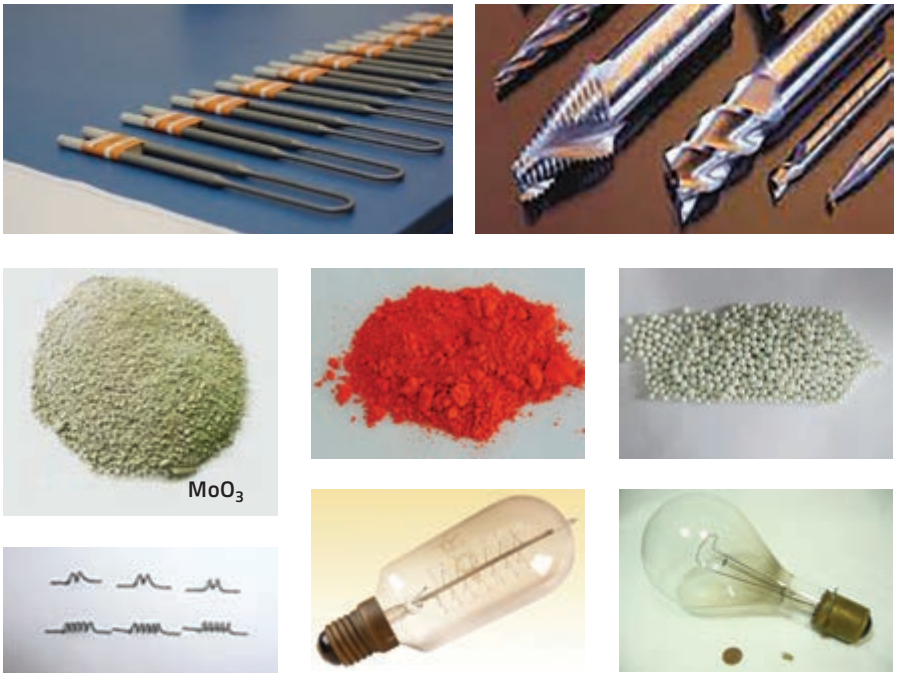
$$MoO_3 + 3H_2 \rightarrow Mo + 3H_2O.$$

Didžiausi gamintojai yra Kinijoje, JAV, Peru, Čilėje, Meksikoje ir Kanadoje.

Molibdenas yra sunkiai lydomas. Pagal aukščiausią lydymosi temperatūrą (2 623 °C) molibdenas užima šeštą vietą. Aukštesnėmis lydymosi temperatūromis pasižymi tik tantalas, osmis, renis, volframas ir anglis. Labai aukštose temperatūrose molibdenas išlieka kietas ir nesiplečia. Dauguma molibdeno junginių prastai tirpsta vandenyje, tačiau kai kurie molibdatai yra pakankamai tirpūs. Oksidacijos

**348 pav.** Feromolibdenas

42
Mo
95,95




**349 pav.** Molibdeno panaudojimas

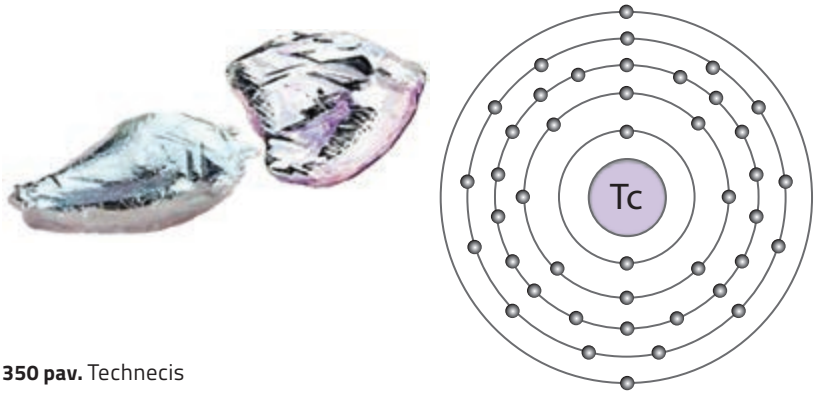
laipsnis junginiuose +6. Molibdenas sunkiai tirpsta rūgštyse. Tirpinamas koncentruoto $HNO_3$ ir HF mišinyje.

Apie 80 % molibdeno panaudojama plieno lydiniams gaminti. Feromolibdeno lydinys dažniausiai turi apie 60 % molibdeno. Molibdeno junginiai naudojami aukštatemperatūrinėje aplinkoje, kaip pigmentai, katalizatoriai, buitinėje chemijoje, lakų bei dažų gamyboje, naftos apdirbimo pramonėje. Iš molibdeno lydinių, atsparių korozijai, gaminami kaitinimo elementai (strypai ir vielos) krosnims, kaistančioms iki 1 700 °C temperatūros, siūleliai elektros lemputėms, karinės amunicijos dalys.

Molibdeno turintys fermentai katalizuoja azoto fiksacijos gamtoje procesus. Molibdenas svarbus elementas gyvuose aukštesniuose eukariotiniuose organizmuose, augaluose, tačiau biologinis vaidmuo iki šiol neišaiškintas. Molibdeno trioksidas ir natrio molibdatas ($Na_2MoO_4$) naudojami kaip mikroelementai. Yra žinomas vadinamasis vario–molibdeno antagonizmas. Didelis molibdeno kiekis organizme gali sutrikdyti vario įsisavinimą.

# 43. Technecis (Tc)





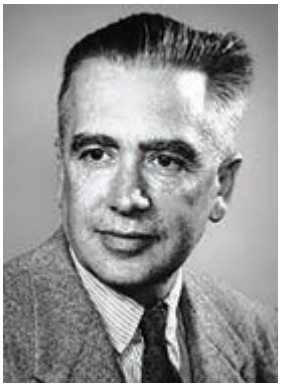

**350 pav.** Technecis

Technecis – pirmasis pagal eiliškumą elementas, neturintis stabilių izotopų, tik radioaktyvius ($^{99}$Tc – pagrindinis izotopas). Tai sidabriškai pilkas metalas.

Technecis buvo pirmasis cheminis elementas, nerastas mineraluose, o išgautas dirbtiniu būdu. Daug mokslininkų manė, kad jie yra periodinėje lentelėje

**351 pav.** Walteris Noddackas, Otto Bergas ir Ida Tacke

43
Tc
98,907



**352 pav.** Carlo Perrieris, Emilio Segrè ir Glennas T. Seaborgas

nesančio elemento atradėjai. Arčiausiai tiesos buvo vokiečių chemikai Walteris Noddackas (1893–1960), Otto Bergas (1873–1939) ir Ida Tacke (1896–1978), 1925 m. paskelbę, kad atrado 43-ią elementą, jį pavadino mozūriu (Mozūrijos, tuo metu buvusios Prūsijoje, garbei). Nors vėliau niekas nesugebėjo pakartoti jų eksperimentų, vis dar diskutuojama, ar jie ir buvo pirmieji technecio atradėjai.

1937 m. Palermo universitete (Sicilija) mokslininkai Carlo Perrieris (1886–1948) ir Emilio Segrè (1905–1989) atrado du radioaktyvius technecio izotopus. Berklio universitete 1947 m. Emilio Segrè kartu su Glennu T. Seaborgu (1912–1999) atrado pagrindinį $^{99}$Tc izotopą, kuris dabar kasmet naudojamas dešimtyje milijonų įvairių medicinos diagnostikos procedūrų.

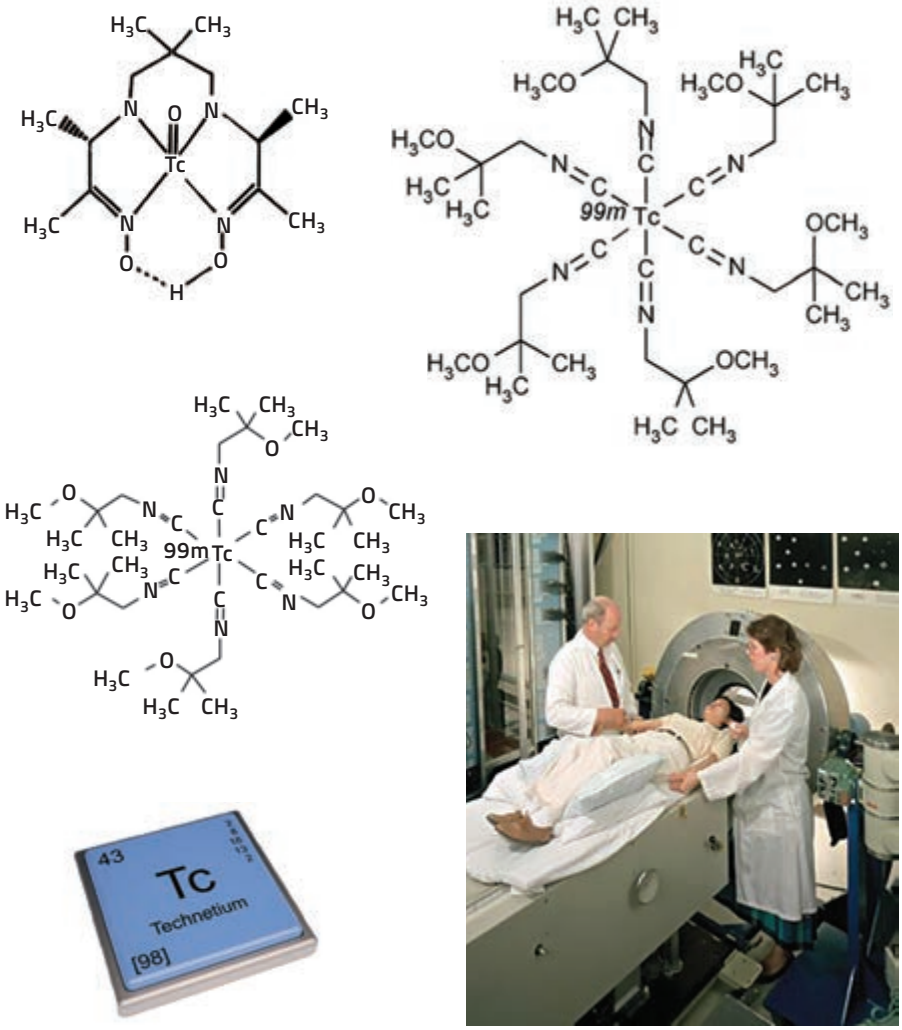
Pavadinimas kildinamas iš gr. kalbos *techne* – menas, *technetos* – dirbtinai išgautas, nors atradėjai jį norėjo pavadinti Palermo garbei panormiu (lot. *Palermas*). Beveik visas technecis yra sintetinis. Tik apie 18 000 tonų jo gali būti Žemės radioaktyviose urano ar torio rūdose, neutronus sulaikančiose molibdeno rūdose. Viename kilograme urano yra apie vieną nanogramą technecio. Dirbtiniu būdu technecinis gaunamas branduoliniuose reaktoriuose skylant radioaktyviems molibdenui, uranui ir plutoniui. Du trečdaliai viso technecio yra pagaminama Kanadoje ir Nyderlanduose. Gaunamas pilkų miltelių pavidalo.

Technecio savybės yra panašios į mangano ir renio. Yra žinomi technecio radiofarmaciniai reagentai, naudojami klinikinėje diagnostikoje. Pavyzdžiui, technecio kompleksas su reagentu, turinčiu keturis donorinius azoto atomus, yra

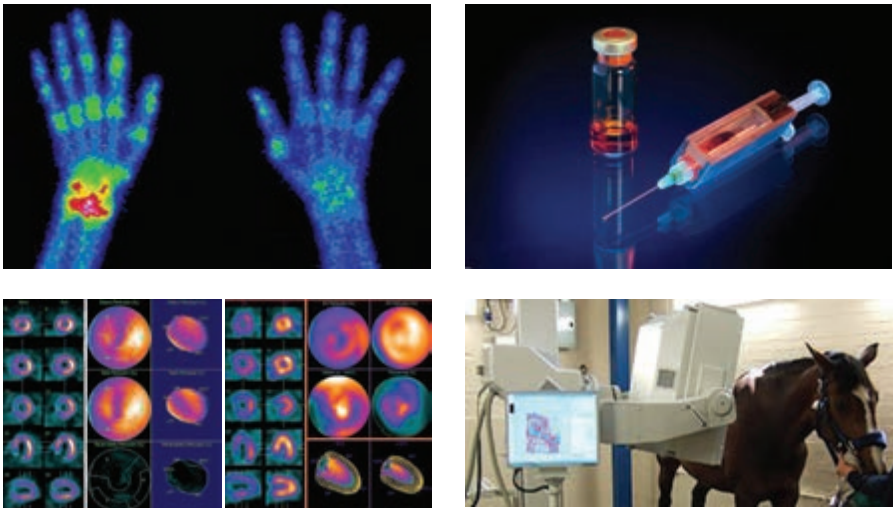
$^{98}_{42}Mo + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{99}_{42}Mo$

$^{99}_{42}Mo + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{99m}_{43}Tc + {}^{0}_{-1}e$

**353 pav.** Technecio sintezė




**354 pav.** Technecio junginiai cerebrinio paralyžiaus diagnostikoje (viršuje) ir miokardui tirti (apačioje)



**355 pav.** Scintigrafija

absorbuojamas smegenų (įvairų laiką) ir naudojamas cerebrinio paralyžiaus diagnostikoje bei tyrimams. Kiti kompleksai kaip kontrastiniai reagentai naudojami miokardui, skydliaukei, plaučiams, kepenims ir kitiems organams tirti.

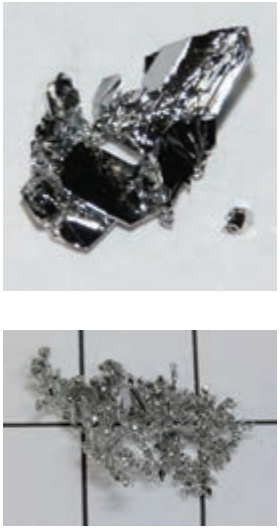
Didžiausia technecio dalis yra panaudojama medicinoje ir biologijoje – tai radioaktyviųjų izotopų diagnostikos testai. Technecio skilimo metu susidaro beta spinduliuotė. Toks branduolinės medicinos tyrimas vadinamas imunoscintigrafija arba tiesiog scintigrafija. Pavyzdžiui, kaulų scintigrafija gali būti atliekama, kai norima įvertinti lūžius, metastazes kauluose ar kitą būklę, kai reikia nustatyti diagnozę. Galima atlikti beveik visų žmogaus organų scintigrafiją.

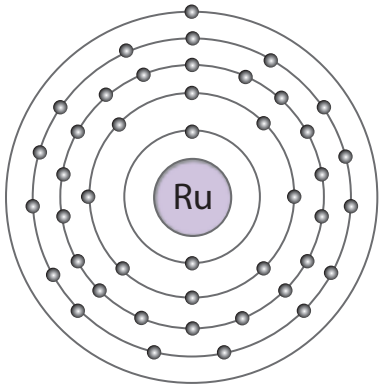
Net labai maži technecio kiekiai sumažina plieno koroziją, tačiau toks plienas gali būti naudojamas tik uždarose sistemose. Technecis gali būti naudojamas katalizatoriumi.

Biologinio vaidmens nevaidina. Dėl radioaktyvumo yra labai nuodingas.

# 44. Rutenis (Ru)

44
Ru
101,07






**356 pav.** Rutenis

Rutenis – kietas, balto blizgesio, inertiškas, labai retas metalas, periodinėje elementų sistemoje priklausantis platinos grupei. Pagal brangumą yra ketvirtasis metalas po rodžio, aukso ir platinos. Kadangi šis metalas buvo išgautas iš rusiškos platinos, todėl ir pavadintas Rusijos garbei (lot. *Ruthenia* – Rusija). Taip 1844 m. jį pavadino rutenio atradėjas, Rusijoje gimęs Baltijos vokiečių mokslininkas chemikas Karlas Ernstas Clausas (1796–1864) iš Kazanės universiteto. Savo tyrimų metu jis gavo 6 g rutenio. Nors mes galvojame, kad rutenį pirmasis atrado Vilniaus universiteto profesorius, Chemijos katedros įkūrėjas, Lenkijoje gimęs chemikas, medikas Jędrzejus Śniadeckis (Andrius Sniadeckis, 1768–1838). Šį elementą jis aptiko 1807 m. Pietų Afrikos platinos rūdoje ir 1808 m. paskelbė, kad atrado naują elementą – vestį. Elementą pavadino asteroido Vesta garbei. Tačiau jo atradimas nebuvo patvirtintas autoritetingų komisijų Prancūzijoje, nes prancūzų mokslininkai nesugebėjo pakartoti eksperimento. J. Śniadeckis atsiėmė savo pretenzijas į atradimą. 1827 m. rutenį Uralo kalnų rūdose buvo aptikęs ir vokiečių

**357 pav.** Karlas Ernstas Clausas, Jędrzejus Śniadeckis ir Gottfriedas Wilhelmas Osannas

mokslininkas Gottfriedas Wilhelmas Osannas (1796–1866) (Dorpato, dabar Tartu universitetas), tačiau jis taip pat nesugebėjo savo tyrimų pakartoti.

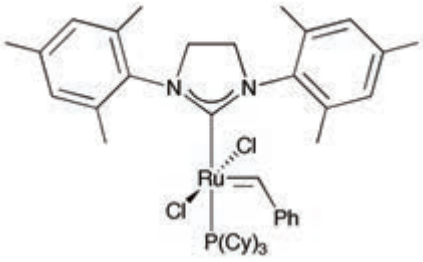
Metalinis rutenis randamas platinos ir kitų platinos grupės metalų rūdose (pentlandite $(Fe, Ni)_9S_8$, piroksenite (mineralų mišinys), laurite ($RuS_2$).

Per metus pagaminama apie 10–20 tonų rutenio. Rutenis yra šalutinis vario, nikelio, sidabro, aukso, platinos gavybos produktas. Jį labai sunku atskirti nuo osmio ir iridžio. Rutenio gavimas – daugiapakopis procesas.

Rutenis, kaip osmis ir rodis, netirpsta net „karališkajame vandenyje“ (tai koncentruotas azoto rūgšties ir druskos rūgšties mišinys; paprastai tūrių santykiu 1:3). Tirpsta šarmų lydaluose ir susidaro rutenatai ($RuO_4^{2-}$). Aukštoje temperatūroje rutenis reaguoja su halogenais.

Rutenis naudojamas patvariems elektriniams kontaktams gaminti, plonasluoksniams rezistoriams, kaip cheminių reakcijų katalizatorius, lydiniuose su platina ar

**358 pav.** Pentlanditas, piroksenitas ir lauritas




**359 pav.** Grubbso katalizatorius, už kurio atradimą buvo skirta Nobelio premija

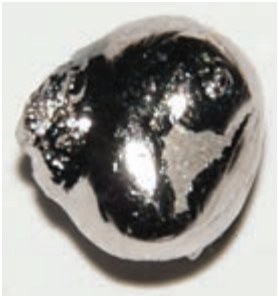
paladžiu (sustiprina kietumą), nedidelis kiekis (iki 0,1 % Ru) titano lydiniuose padidina atsparumą korozijai. Už naujų rutenio katalizatorių atradimus 2001 m. Nobelio premiją gavo japonų chemikas Ryōji Noyori, o 2005 m. – amerikietis Robertas H. Grubbsas su kitais.

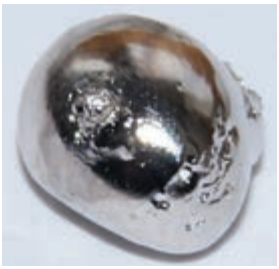
Rutenio lydinys su molibdenu yra superlaidus 10,6 K temperatūroje. Rutenis naudojamas kaip katalizatorius sintetinant amoniaką ir acto rūgštį. Rutenio junginiai, kurie šviesos energiją paverčia elektros energija, naudojami saulės elementuose. Rutenis nevaidina biologinio vaidmens. Rutenio tetraoksidas ($RuO_4$) yra labai toksiškas, nes yra lakus beveik kambario temperatūroje ir sprogus.

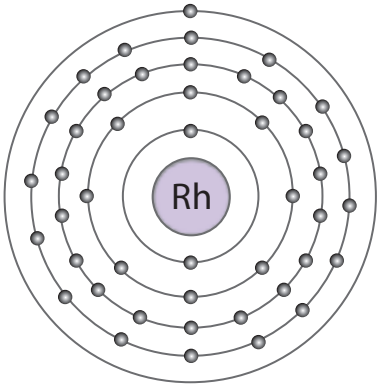
**360 pav.** Rutenio panaudojimas

45
Rh
102,906

# 45. Rodis (Rh)








**361 pav.** Rodis

Rodis – retas, kietas, atsparus korozijai, sidabriškai baltos spalvos blizgantis metalas.

1803 m. rodį atrado anglų chemikas Williamas Hyde'as Wollastonas (1766–1828). Jis gamino labai gryną platiną iš platinos rūdos. Tirpinant platiną „karališkajame vandenyje", liko neištirpusių juodų liekanų, kurias tyrinėjo kitas anglų chemikas Smithsonas Tennantas (1761–1815). Liekanose jis aptiko osmį ir iridį. W. H. Wollastonas tirpalą, kuriame buvo ištirpę platina ir paladis, neutralizavo, pridėdamas $NH_4Cl$, ir nusodino paladį bei platiną tų metalų druskų pavidalu. Likęs tirpalas buvo raudonos spalvos, jį koncentruojant susidarė raudonai rožiniai kristalai – natrio rodžio chloridas ($Na_3RhCl_6$), iš kurio buvo gautas metalinis rodis.

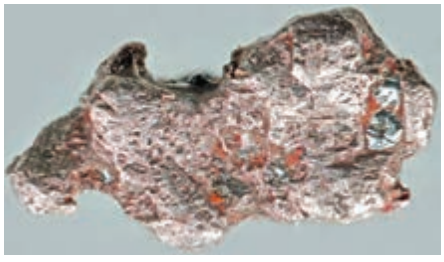
Elementas buvo pavadintas pagal rožės raudoną spalvą (gr. *rhodon* – rožė), nes rodžio chlorido junginys buvo raudonos spalvos. Gamtoje randamas laisvo

**362 pav.** Williamas Hyde'as Wollastonas ir Smithsonas Tennantas

**363 pav.** Rožė

pavidalo arba lydiniuose su kitais panašiais metalais platinos ir nikelio rūdose. Labai retai randamas mineraluose bovieite ($(Rh, Ir, Pt)_2S_3$) ir rodplumzite ($Rh_3Pb_2S_2$), vario-nikelio sulfidinėse rūdose, iš kurių ir yra išgaunamas.

Per metus pagaminama apie 30 tonų rodžio. Rodis yra taurusis metalas, atsparus daugeliui chemikalų. Junginiuose gali būti kelių oksidacijos laipsnių. Pats rečiausias ir neabejotinai pats brangiausias metalas.



**364 pav.** Bovieitas ir rodplumzitas

45
Rh
102,906

**365 pav.** Rodis juvelyrikoje

Rodis yra vienas iš svarbiausių redukcinių katalizatorių automobiliuose. Pirmieji 1976 m. jį pradėjo naudoti „Volvo“ automobilių gamintojai. Dujų išmetimo vamzdyje yra rodžio, disperguoto aliuminio okside, katalizatorius Rh ($Al_2O_3$). Automobilių kurui deginti naudojamas oro deguonis, kuriame yra azoto, o pastarasis aukštoje temperatūroje oksiduojasi iki labai nuodingų azoto oksidų. Rodžio katalizatoriaus paviršiuje šie oksidai redukuojami iki nenuodingų azoto ir deguonies:

$NO, N+O_2 \rightarrow N_2, O_2$.

Praėjusiame šimtmetyje rodis buvo naudojamas termoporoms, matuojančioms iki 1800 K temperatūrą, gaminti. Kadangi rodis yra atsparus rūgščių ir agresyvių chemikalų poveikiui, naudojamas lydiniuose su paladžiu ir platina aukštai temperatūrai ir korozijai atsparioms dangoms gauti, juvelyrikoje. Baltasis auksas dažnai būna padengtas plona rodžio plėvele, kad dirbinys būtų gražesnis, o sidabras dengiamas siekiant apsaugoti nuo pajuodavimo ir išlaikyti blizgesį.

Iš rodžio gaminami cheminiai tigliai, automobilių žibintų atšvaitai, elektriniai kontaktai. Rodžio detektoriai naudojami branduoliniuose reaktoriuose neutronų srauto lygiui matuoti, rodžiu dengiami optinių instrumentų pluoštai ir veidrodžiai, naudojamas mamografijos sistemose. Kaip katalizatorius naudojamas

**366 pav.** Rodžio panaudojimas

vaistų, acto rūgšties, herbicido „Roundup“ sintezėje. Žinomas Wilkinsono katalizatorius yra naudojamas organinėms alkenų ir kitoms reakcijoms katalizuoti.

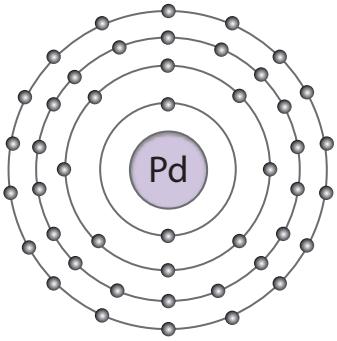
1979 m. muzikos atlikėjui Pauliui McCartney'iui Gineso pasaulio rekordų knygos atstovai padovanojo rodžiu dengtą kompaktinį diską, kaip įrodymą, kad jis yra geriausiai parduodamų dainų kūrėjas ir įrašų atlikėjas.

Rodis nevaidina biologinio vaidmens, nėra nuodingas, tačiau junginiai gali būti toksiški.

**367 pav.** Paulis McCartney'is

46
Pd
106,42

# 46. Paladis (Pd)




**368 pav.** Paladis

Paladis – sidabriškai baltos spalvos retas metalas. Kaip ir rutenis, rodis, platina, osmis bei iridis, priklauso platinos grupės metalams.

Pagal brangumą paladis yra septintasis metalas. Šį metalą 1803 m. atrado Williamas Hyde'as Wollastonas platinos rūdoje ir 1804 m. pavadino asteroido Paladės (atrasto 1802 m.) garbei. Randamas grynas, lydiniuose su auksu, su kitais platinos grupės metalais, daugiausia nikelio-vario rūdose (kuperite (platinos ir kitų metalų sulfidų mišinys) ir polarite (metalų mišinys, Pd(Bi, Pb)). Per metus išgaunama apie 300 tūkst. kilogramų.

Nors visi platinos grupės metalai pasižymi panašiomis cheminėmis savybėmis, paladžio lydymosi taškas žemiausias, jo tankis mažesnis nei kitų šios grupės metalų. Jis labai greitai suminkštėja šildomas ir staigiai kietėja aušdamas. Kaip ir platina, labai atsparus oksidacijai bei korozijai. Paladis lėtai tirpsta koncentruotoje azoto ir karštoje sieros rūgštyse. Labai susmulkintas tirpsta druskos rūgštyje. Kambario temperatūroje gerai tirpsta „karališkajame vandenyje". Tik aukštoje temperatūroje reaguoja su deguonimi, paviršius pasidengia PdO plėvele. Junginiuose pasižymi +2 oksidacijos laipsniu. Paladis labai gerai adsorbuoja

**369 pav.** Paladžio panaudojimas

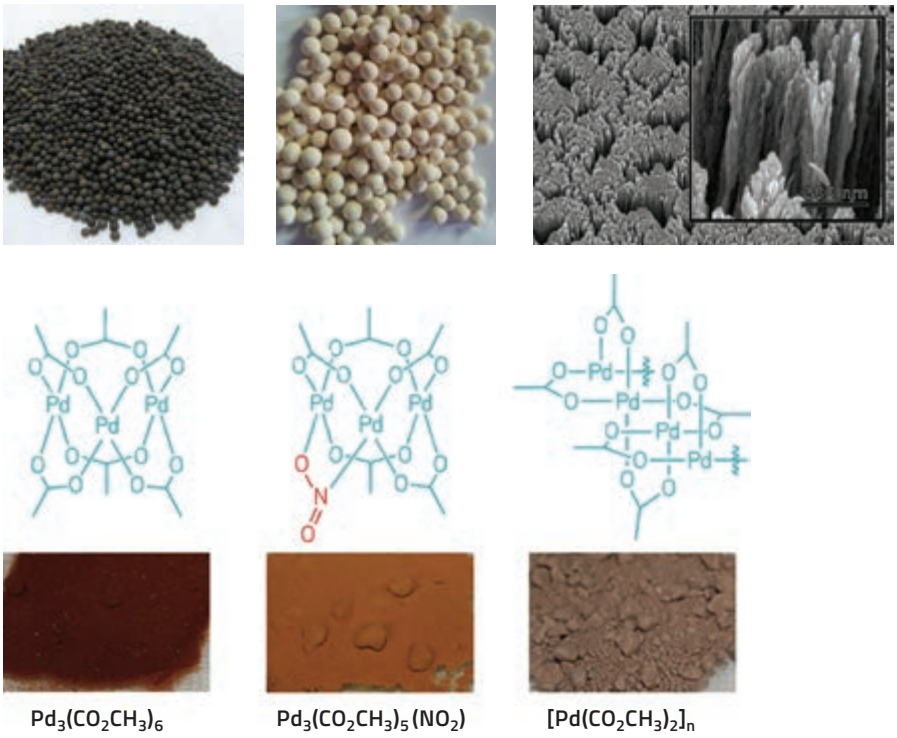
vandenilį (apie 900 kartų didesnį už savo tūrį) sudarydamas nežinomos sudėties hidridą ($PdH_x$).

Paladžio chloridas – pagrindinis junginys kitiems paladžio junginiams gauti. Paladžiu dengiami kiti metalai. Iš jo gaminami juvelyriniai dirbiniai. Metalas bei jo lydiniai naudojami odontologijoje, laikrodžių, medicininių instrumentų gamyboje, elektronikos kontaktuose, orlaivių uždegimo žvakėse. Iš paladžio kaldinamos paladžio monetos, gaminamos fleitos.

Paladis yra puikus katalizatorius. Apie 50 % viso paladžio sunaudojama automobilių katalizatoriams gaminti. Naudojamas kuro elementuose, kuriuose vandenilis, reaguodamas su deguonimi, generuoja elektrą, išsiskiria šiluma ir susidaro vanduo. Už paladžio organinių junginių sintezę ir panaudojimą katalizatoriais organinėje chemijoje 2010 m. buvo paskirta Nobelio premija. Paladis gali būti naudojamas vandenilio dujoms saugoti.

Paladis turi ISO valiutos kodą XPD, kuris yra 964. Paladžio chloridas kažkada buvo naudojamas tuberkuliozei gydyti, tačiau pasireiškė įvairus šalutinis poveikis. Paladis mažai toksiškas. Nevaidina biologinio vaidmens.

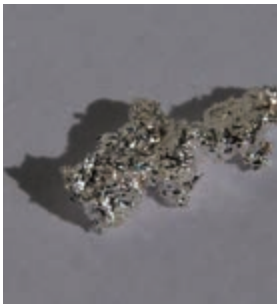
46
Pd
106,42

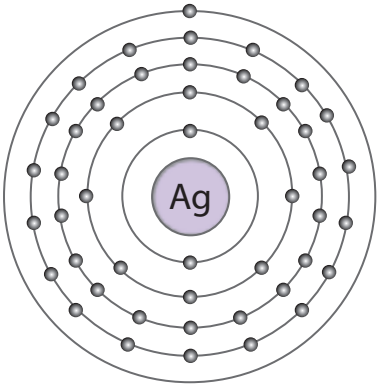



**370 pav.** Įvairūs paladžio katalizatoriai

# 47. Sidabras (Ag)

47
Ag
107,868






**371 pav.** Sidabras

Sidabras – baltas, minkštas (kiek kietesnis už auksą), blizgus taurusis metalas. Sidabro elektrinis laidumas didesnis už vario, bet kaip laidininkas dėl brangumo nenaudojamas. Geras šilumos laidininkas.

Anglų kalbos žodis *silver* kildinamas iš anglų-saksų (*seolfor* ar *siolfor*) arba vokiečių kalbos (*silabar* ar *silbir*). Cheminis Ag simbolis yra siejamas su lotynišku sidabro pavadinimu *argentum*. Įvairiose senosiose kalbose sidabras yra verčiamas į baltas, blizgantis. Lietuviško žodžio „sidabras“ kilmė nėra labai aiški. Daug amžių sidabras yra vertinamas kaip brangus metalas. Jo randama daugiau nei aukso, tačiau aukso grynuolių aptinkama daugiau nei sidabro. Tai vienas iš septynių senovės metalų, todėl visada buvo labai svarbus žmonijos kultūroje. Tačiau sidabro atradimas, kaip aukso ir vario, yra pasimetęs žmonijos istorijoje.

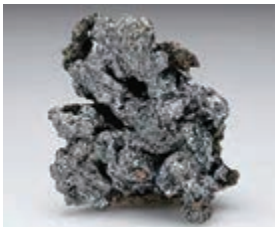
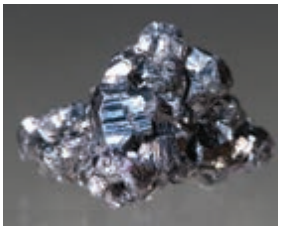
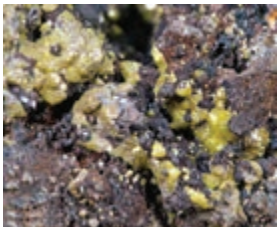
Vienas pirmųjų sidabro gryninimo iš jo rūdų centrų Europoje buvo Sardinija. Azijoje sidabro gamyba garsėjo Kinija, Indija ir Japonija. Vėliau sidabro kasyklos

47
Ag
107,868

**372 pav.** Sidabro senoviniai dirbiniai

ėmė veikti Europoje ir kitose šalyse. Pietų Amerikos šalyse – Peru, Bolivijoje, Čilėje, Argentinoje – taip pat atrasta daug sidabro turinčių rūdų. Argentina net ir pavadinta sidabro garbei. Kanada, Meksika ir Nevada – tai Šiaurės Amerikos vietovės, kuriose daugiausiai randama sidabro.

Sidabras – grynuolių klasės mineralas. Sidabro grynuolyje būna aukso, vario, gyvsidabrio, bismuto, stibio priemaišų. Žemės plutoje randamas grynas metalas, lydiniuose su auksu ar kitais metalais ir mineraluose argentite arba acantite ($Ag_2S$) ir chloragirite (AgCl). Žemėje sidabro yra beveik tiek pat, kiek gyvsidabrio. Sidabras išgaunamas iš vario, vario-nikelio, švino, švino-cinko rūdų. Kadangi metalų ir jų

**373 pav.** Argentitas, acantitas ir chloragiritas

47
Ag
107,868

**374 pav.** Sidabro antrinės žaliavos

oksidų lydymosi temperatūros yra skirtingos ir sidabro oksidas lengvai skyla iki sidabro, pasiūlytos įvairios technologijos grynam sidabrui išgauti iš skirtingų rūdų.

Šiandien Meksika, Kinija ir Peru yra didžiausios sidabro gamintojos. Šiais laikais daug sidabro išgaunama ir perdirbant antrines žaliavas: šios žaliavos tirpinamos, o 99,9 % grynumo sidabras išgaunamas cianidiniu ir elektrocheminio nusodinimo metodais. Keletą kartų kartojant gryninimą galima gauti 99,999 % grynumo sidabrą. Sidabras yra devintasis pagal brangumą metalas.

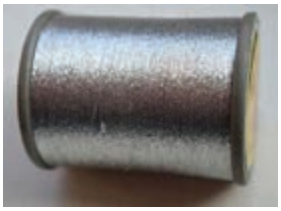
Sidabras yra labai kalus ir elastingas, plastiškas. Iš jo pagamintos vielos plotis gali būti lygus vieno atomo dydžiui, o skaidrios plokštelės storis – tik 0,00025 milimetro. Sidabro fizikinės ir cheminės savybės panašios į aukso ir vario. Nupoliruotas sidabras yra toks blizgus ir baltas, kad net terminas „sidabriškas“ vartojamas spalvai įvardyti. Iš visų žinomų metalų jis pasižymi didžiausia šviesos atspindžio geba, todėl buvo naudojamas veidrodžių gamybai, kol nebuvo atrastas aliuminiu dengtas veidrodis.

Sidabras chemiškai nelabai aktyvus. Veikiamas halogenų ir sieros apsitraukia sunkiai tirpstančiu halogenido (pvz., sidabro chlorido, sidabro bromido) ar sulfido plėvele. Ore nesioksiduoja net labai aukštoje temperatūroje. Sidabriniai daiktai juoduoja – susidaro juodas sidabro sulfidas ($Ag_2S$). Pagrindinis oksidacijos laipsnis junginiuose yra +1. Sidabras tirpsta azoto rūgštyje, karštoje koncentruotoje sieros rūgštyje, vandeniniuose cianidų tirpaluose – susidaro tirpus cianidinis sidabro kompleksinis junginys $K[Ag(CN)_2]$. Iš sidabro junginių populiariausias yra sidabro nitratas. Iš sidabro nitrato gaminami kiti sidabro junginiai:

$$AgNO_3 + KCN = AgCN + KNO_3,$$

$$AgCN + KCN = K[Ag(CN)_2].$$

47
Ag
107,868



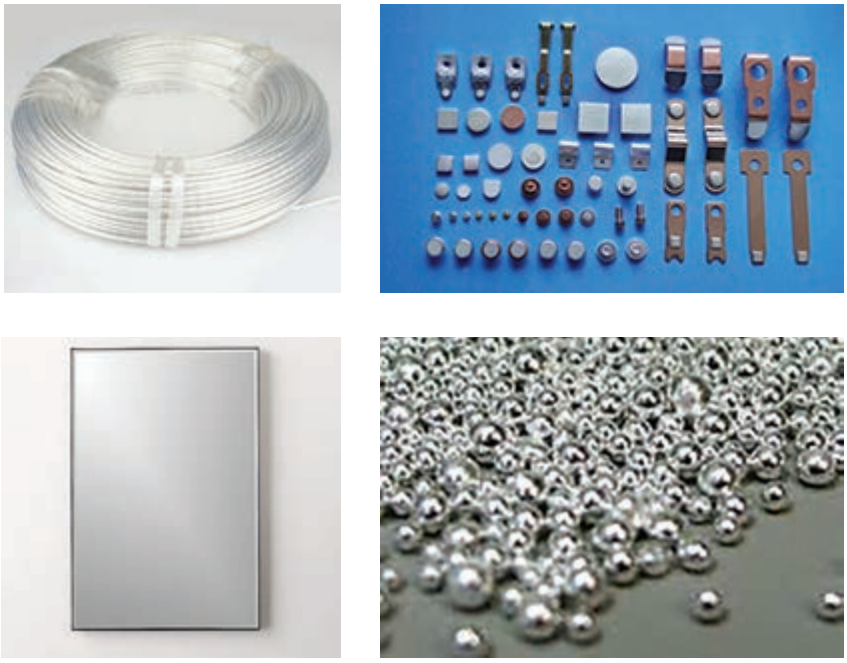
**375 pav.** Sidabro vielos ir plokštelės

Sidabras naudojamas investicijoms (monetų, luitų kalykloje), saulės elementuose, vandeniui filtruoti, juvelyrikoje. Visi žinome sidabrinius papuošalus, stalo įrankius, įvairius indus. Kadangi sidabras yra labai minkštas, stalo indams dažniau naudojami sidabro ir vario lydiniai. Pramonėje ir elektronikoje naudojami sidabriniai laidai, elektros kontaktai, specialūs veidrodžiai, stiklų dangos, cheminių reakcijų katalizatoriai, spalvikliai tamsintuose stikluose.

Sidabro ir jo junginių priešmikrobinis veikimas, antibakterinės savybės jau žinomos labai seniai. Pavyzdžiui, 1 % $AgNO_3$ tirpalas buvo naudojamas tik gimusio kūdikio akims dezinfekuoti, konjunktyvitui gydyti. Sidabro sulfadiazinas (sulfadiazino sidabro druska) yra priešmikrobinis, priešgrybelinis reagentas. Pirmą

**376 pav.** Sidabro proginės monetos

**377 pav.** Sidabriniai papuošalai



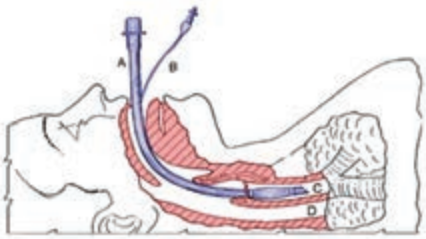
**378 pav.** Sidabriniai laidai, elektros kontaktai, specialūs veidrodžiai, katalizatoriai

**379 pav.** Sidabras pasižymi antibakteriniu poveikiu

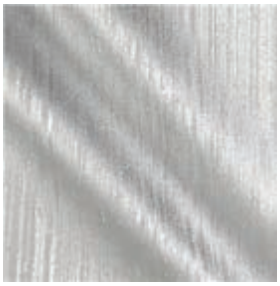
kartą sidabro antibakterinį poveikį išsamiau tyrė šveicarų mokslininkas Carlas Wilhelmas von Nägelis, kuris šią sidabro savybę pavadino oligodinaminiu efektu. Nedidelės sidabro jonų koncentracijos (0,01–0,1 mg/L) panaikina bakterijų metabolizmą. Sidabro junginių yra žaizdų tvarsčiuose, kateteriuose, endotrachėjiniuose kvėpavimo vamzdeliuose ir kituose medicinos prietaisuose. Naudojamas vandens filtrų gamyboje, tekstilei padengti.

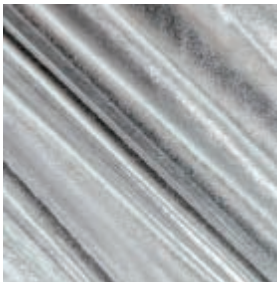
Sidabras naudojamas specializuotoje konditerijoje, maisto pramonėje, kaip maisto gaminių paviršiaus metalinis dažiklis (E174). Sidabro jodidą (AgI) kartais naudoja lietui sukelti (ar išsklaidyti debesis). Sudaro įvairius lydinius, svarbesni yra su auksu, variu ir cinku. Iš sidabro gaminami kai kurie laboratoriniai indai, elektrodai. Kitų metalų paviršių sidabravimas dažniausiai vykdomas elektrochemiškai iš cianidinių sidabro tirpalų.

Sidabro valiutos ISO 4217 kodas yra XAG. Sidabrinės monetos gaminamos iš sidabro strypų arba luitų liejinių: ruošiniai sumalami ir presavimo presuose gaminamos monetos. Sidabro kaina kinta. 2018 m. 1 kg sidabro kainavo 495 JAV




**380 pav.** Sidabras medicinoje





**381 pav.** Sidabro turinti tekstilė

47
Ag
107,868

**382 pav.** Sidabras ir konditerija

dolerių. Dažniausiai kaina pateikiama už Trojos uncijas (1 Trojos uncija yra lygi 31,1034 gramo). Londone sidabro kaina pranešama kasdien 12:00 Londono laiku. Dabar iš sidabro kaldinamos tik proginės monetos, pavyzdžiui, olimpinėms žaidynėms, pasaulio futbolo pirmenybėms pagerbti, svarbioms sukaktims paminėti ar kitiems ypatingiems valstybės ar pasaulio įvykiams pažymėti.

Bene svarbiausia sidabro halogenidų panaudojimo sritis yra fotografija. Fotojuostelės ir fotopopierius būna padengtas želatinos ir sidabro halogenidų emulsijos sluoksniu. Šviesos veikiamos sidabro halogenido (pavyzdžiui, AgBr) granulės aktyvuojasi (nedidelė dalis medžiagos suskyla). Kuo intensyvesnė šviesa paveikė granulę, tuo daugiau susidaro skilimo produktų. Apšviestą fotojuostelę įdėjus į nestipraus reduktoriaus (pavyzdžiui, hidrochinono ($C_6H_4(OH)_2$) tirpalą, aktyvuotosios sidabro bromido granulės redukuojasi, sudarydamos labai smulkius juodus laisvo sidabro kristaliukus. Neaktyvuotose granulėse redukcijos procesas yra labai lėtas, todėl jos lieka nepajuodavusios. Taip gaunamas nespalvotas fotovaizdas. Išryškinta fotojuostelė lieka jautri šviesai, todėl būtina pašalinti neaktyvuotose granulėse likusį sidabro bromidą. Tam yra atliekama vaizdo fiksacija. Populiariausias fiksatorius yra natrio tiosulfatas. AgBr tirpsta tiosulfato tirpaluose, sudarydamas kompleksinius jonus:

$$AgBr + 2S_2O_3^{2-} \rightarrow Ag(S_2O_3)_2^{3-} + Br^-.$$

**383 pav.** Nanosidabro dalelės ir jų panaudojimas

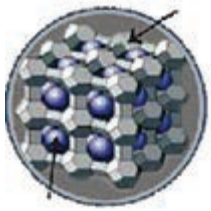
Spalvotoje fotografijoje sidabras, susidaręs ryškinimo metu, visiškai išplaunamas iš fotojuostos ir popieriaus balinimo metu, paveikus oksidaciniais tirpalais, pvz., raudonąja kraujo druska.

**384 pav.** Fotochrominiai lęšiai

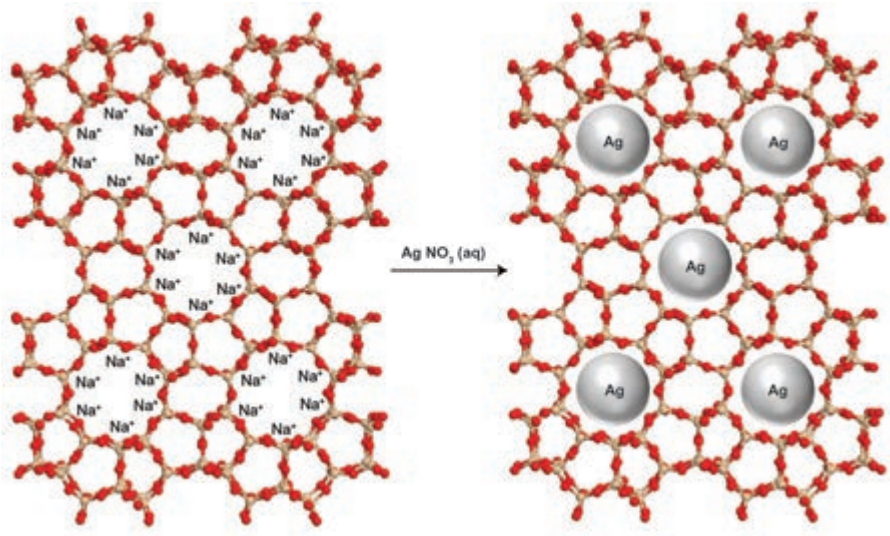
**385 pav.** Koloidinis sidabras

Visuose automatiniuose elektros įrenginiuose naudojami sidabro kontaktai, tiek kosminėse raketose, tiek povandeniniuose laivuose, kompiuteriuose, atominiuose reaktoriuose ir kitur. Nanosidabro dalelės (10–100 nm dydžio) naudojamos laidiems klijams, laidiems spausdinimo dažams gaminti, medicinoje, kosmetikoje.

Iš sidabro halogenidų gaminami fotochrominiai lęšiai. Dienos šviesoje UV spinduliuotė išlaisvina metalinį sidabrą, tamsindama lęšius. Spinduliavimo detektoriuose naudojamos bespalvės sidabro chlorido plėvelės. Ceolito sietai, kuriuose yra $Ag^+$ jonų, yra naudojami jūros vandeniui gėlinti. Koloidiniu sidabru dezinfekuojami uždari baseinai (bekvapė dezinfekcija). Sidabro junginiai nėra toksiški. Kai kurie junginiai yra sprogūs (sidabro azidas, amidas, acetilidas, oksalaras, oksidas, cianatas).




47
Ag
107,868

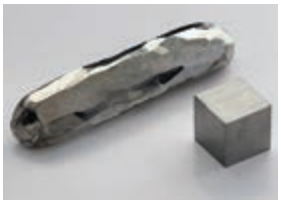


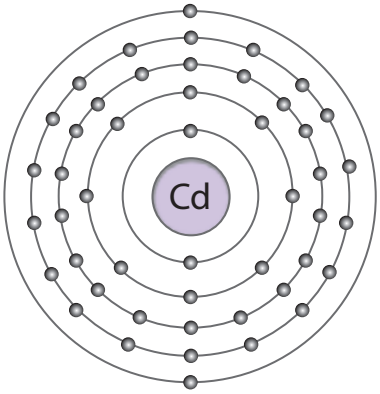

**386 pav.** Ceolito sietai su $Ag^+$ jonais

**387 pav.** Sidabras – labai svarbus elementas

48
Cd
112,414

# 48. Kadmis (Cd)






**388 pav.** Kadmis

Kadmis – sidabriškai baltas, minkštas beveik kaip alavas, tąsus, sunkusis pereinamasis metalas.

Kadmį 1817 m. atrado vokiečių chemikas Friedrichas Stromeyeris (1776–1835) cinko karbonate. Nuo 1982 m. Vokietijoje yra įsteigta Friedricho Stromeyerio vardinė premija, teikiama už chemijos mokslo pasiekimus Vokietijoje. Tais pačiais metais kiti vokiečių chemikai Karlas Samuelis Leberechtas Hermannas (1765–1846) ir Johannas Christophas Heinrichas Roloffas (1783–1825) kadmio rado cinko okside. Šie cinko junginiai buvo tiriami, nes farmacininkai suabejojo jų grynumu. Kadmis (lot. *kadmija*, kadmio turintis mineralinių medžiagų mišinys) pavadintas pagal Graikijos mitologinį veikėją Kadmą, Tebų įkūrėją, pirmąjį jos karalių. Yra ir antrasis pavadinimo kilmės variantas. Kadangi kadmis dažnai rūdose aptinkamas kartu su cinku, todėl ir pavadintas graikiškai *cadmeia* – cinko špatas ($ZnCO_3$).

Nedideli kadmio kiekiai randami cinko rūdose (cinko baltajame, sfalerite yra apie 0,1–0,3 % kadmio). Tik kai kuriose cinko rūdose kadmio yra iki 1,4 %. Jis daug retesnis už cinką. Dar mažiau kadmio aptinkama kai kuriose švino rūdose.

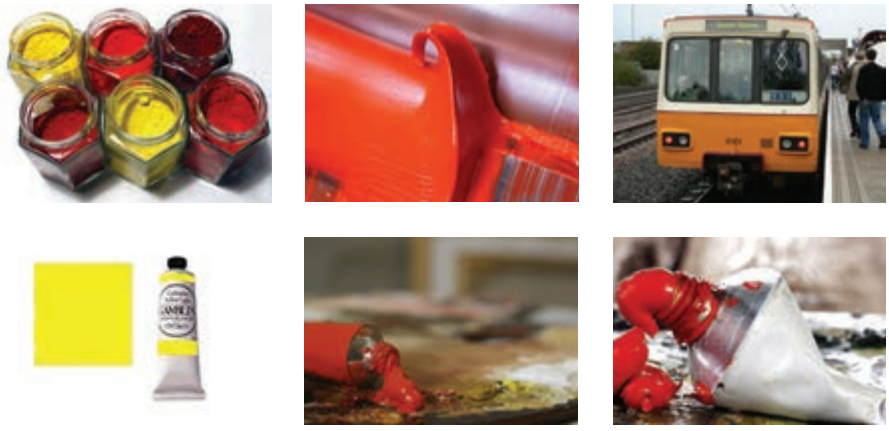
**389 pav.** Friedrichas Stromeyeris, Karlas Samuelis Leberechtas Hermannas ir Johannas Christophas Heinrichas Roloffas

Daugiausiai kadmio yra minerale grinokite (CdS). Atradus kadmį apie 100 metų pagrindinė jo gamintoja buvo Vokietija. Išgaunamas kaip antrinis produktas perdirbant cinko sulfidines rūdas. Pradžioje cinko sulfidas paverčiamas cinko oksidu. Kadmis atskiriamas iš lydalo vakuuminės distiliacijos būdu arba nusodinamas iš tirpalo kadmio sulfato pavidalu. Kadmis yra tankesnis ir minkštesnis už cinką.

Kadmio cheminės savybės panašios į cinko ir gyvsidabrio. Lengvai tirpsta azoto rūgštyje ir kiek sunkiau – sieros ir druskos rūgštyse. Oksiduojasi drėgname ore. Dega raudona spalva, sudarydamas kadmio oksidą (CdO). Junginiuose pasižymi +2 oksidacijos laipsniu.

Kadmis naudojamas antikorozinėms plieno dangoms (aviacijos pramonėje). Įvairūs kadmio junginiai (sulfidai, selenidai) naudojami kaip raudonieji,

**390 pav.** Kadmio antikorozinės dangos

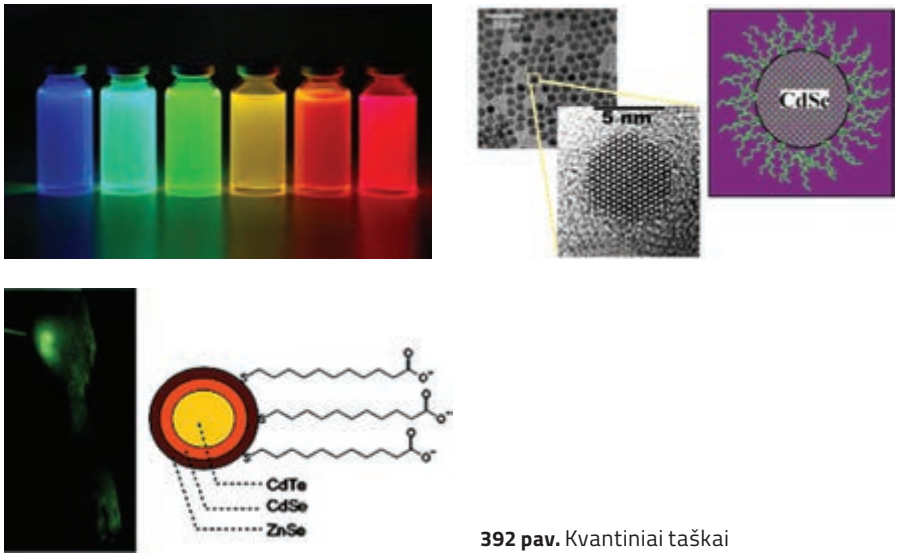


**391 pav.** Kadmio pigmentai

oranžiniai ir geltonieji pigmentai. Šių pigmentų aptikta ir Vincento Van Gogh'o tapytose drobėse. Kadmio junginiais nuspalvinamas stiklas ir stabilizuojamas plastikas. Kadmio telūridas naudojamas saulės elementuose. Nuo 1907 m. Anglijoje kadmio jodidas ($CdI_2$) buvo naudojamas medicinoje. Kadmio selenido (CdSe) ar telūrido (CdTe) kvantiniai taškai naudojami medicinoje kaip žymenys ir vaistų nešėjai gyvame organizme. Kadmis naudojamas branduolinėje pramonėje (absorbuoja karštuosius neutronus), šarminių akumuliatorių gamyboje (įkraunamos nikelio-kadmio baterijos). Jas XX a. pradžioje išrado Thomas A. Edisonas (JAV) ir Waldemaras Jungeris (Švedija).

Dar kadmis naudojamas įvairių lydinių, dažų, liuminoforų gamyboje. Paplitę švino ir kadmio lydiniai, kurie plačiai naudojami automobilių pramonėje, taip pat alavo ir berilio lydiniai su kadmiu (labai maža lydymosi temperatūra) bei itin patvarūs kadmio ir vario lydiniai. Chemijos laboratorijose, pramonėje ir buityje yra labai svarbus *Wood* lydinys (Bi:Pb:Sn:Cd = 4:2:1:1). Kadmio oksidas naudojamas kaip mėlynas, žalias fosforas, taip pat spalvoto ir nespalvoto vaizdo televizorių katodinių spindulių vamzdeliuose. Kadmio sulfidas naudojamas fotokopijuokliuose.

Kadmio biologinis vaidmuo nėra gerai ištirtas. Priskiriamas mikroelementams, kurie nuolat randami gyvūnų bei žmogaus organizmuose. Dėl toksiškumo kadmio




**392 pav.** Kvantiniai taškai

naudojimas yra kiek sumažėjęs. Iki 1975 m. buvo laikytas tik nuodingu elementu. Labai pavojingos įkvėptos kadmio dulkės.

**393 pav.** Nikelio-kadmio baterijos

49
**In**
114,818

# 49. Indis (In)

**394 pav.** Indis

Indis – minkštas (galima pjauti peiliu) sidabrinės spalvos metalas.

Indį 1863 m. atrado vokiečių chemikai Ferdinandas Reichas (1799–1882) ir Hieronymus Theodoras Richteris (1824–1898) cinko rūdose (*Freiberg University of Mining and Technology*). Indis identifikuojamas pagal charakteringą indigo mėlyną liniją emisijos spektre. Nuo žodžio indigo kildinamas ir šio elemento pavadinimas. Tai viena iš 7-ių vaivorykštės spalvų – tarp mėlynos ir violetinės.

**395 pav.** Ferdinandas Reichas ir Hieronymus Theodoras Richteris

**396 pav.** Indigo spalva

Pagal brangumą indis yra dešimtasis metalas. Brangus todėl, kad labai retas. Randamas geležies, švino, alavo ir vario rūdose, pavyzdžiui, cilindrite ($Pb_3Sn_4FeSb_2S_{14}$). Cilindrite yra apie 1 % indžio. Randamos labai negausios indžio rūdos (džalinditas ($In(OH)_3$), inditas ($FeIn_2S_4$), labai retas, juodas mineralas). Indžio druskos yra išgaunamos iš šlako ir dulkių cinko (arba Fe, Pb, Cu) gamybos iš sulfidinių uolienų metu. Indis lydosi santykinai žemoje 156 °C temperatūroje. Junginiuose indžio oksidacijos laipsnis dažniausiai yra +3. Labai retas elementas Žemės plutoje.

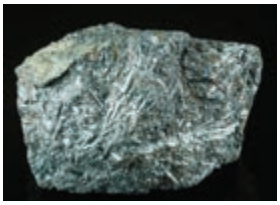
Indis nereaguoja su vandeniu, bet jį oksiduoja deguonis:

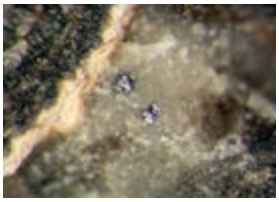
$$4In + 3O_2 = 2In_2O_3.$$

Netirpus vandenyje indžio hidroksidas tirpsta rūgštyse:

$$In(OH)_3 + 3HCl \rightarrow InCl_3 + 3H_2O.$$

Indis nesudaro boridų, silicidų, karbidų. $InH_3$ – nepatvarus, jau žemoje temperatūroje skyla iki elementų.





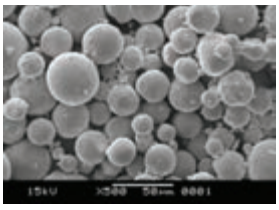
**397 pav.** Cilindritas, džalinditas ir inditas

49
**In**
114,818

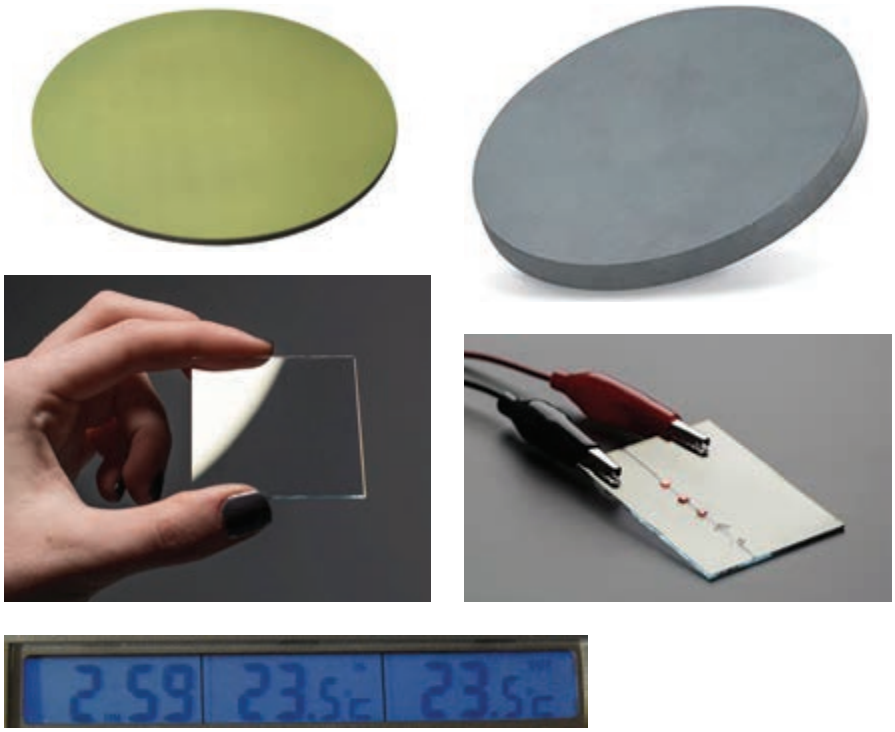
**398 pav.** Indžio panaudojimas

Iš pradžių indis buvo naudojamas orlaivių varikliams gaminti, dabar daug jo sunaudojama gaminant korozijai atsparius veidrodžius. Indis naudojamas švino lydiniams, iš kurių gaminami guoliai, galvanizuoti, siekiant apsaugoti juos nuo lubrikantų poveikio.

Indžio nitridas, fosfidas, arsenidas – puslaidininkiai, naudojami tranzistoriams ir diodams gaminti. Indžio oksidas ($In_2O_3$) ir indžio alavo oksidas (ITO) naudojami kaip skaidri, elektroliuminescuojanti stiklo padėklų danga. Gaminamos plokštės, elektroliuminescencinės naktinės šviesos įranga. Vario-indžio-galio selenidas (CIGS, $CuIn_xGa_{(1-x)}Se_2$) naudojamas saulės elementuose. InGaN, InGaP – vieni pirmųjų junginių, pradėti naudoti šviestukų (LED) gamyboje.



**399 pav.** Indžio nitridas, fosfidas, arsenidas ir jų panaudojimas

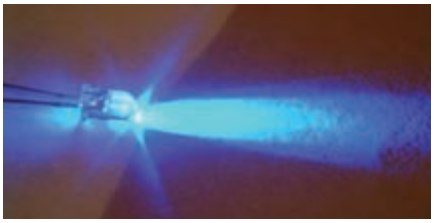


**400 pav.** Indžio oksidas ir indžio alavo oksidas

**401 pav.** Vario-indžio-galio selenidas saulės elementuose

Indis neturi metabolinio vaidmens gyvuose organizmuose. Įtaka sveikatai mažai tyrinėta.

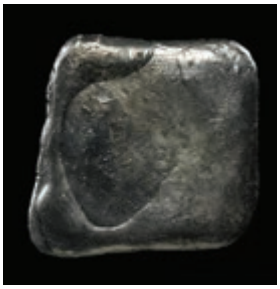
49
**In**
114,818

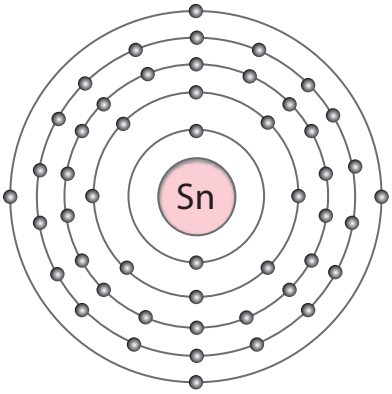


**402 pav.** Šviestukai (LED)

# 50. Alavas (Sn)

50
Sn
118,711





**403 pav.** Alavas

Alavas (lot. *stannum* – ta pati medžiaga) – sidabriškai pilkas su silpnu geltonu atspalviu, blizgus, elastingas, lengvai liejamas, kalus, atsparus atmosferos poveikiui metalas. Alavas labai minkštas, šiek tiek sunkiau pjaustomas nei indis. Kietesnis už švinį, bet minkštesnis už cinką.

Kodėl alavas lotyniškai vadinamas *stannum*, nėra žinoma. Angliškas pavadinimas *tin* kildinamas iš anglų-saksų ir germanų kalbų to paties žodžio. Alavas buvo žinomas maždaug nuo 5000 m. pr. m. e. Jis tiesiogiai paveikė žmonijos istoriją daugiausia dėl bronzos (vario ir alavo lydinys), nors buvo naudojamas ir vienas, be vario. Tą liudijo įvairūs archeologiniai radiniai skirtingose pasaulio vietovėse. Varį sulydžius su maždaug 5 % alavo, buvo gauta bronza, kuri lydėsi žemesnėje temperatūroje. Ją buvo lengva apdoroti, be to, gautas daug sunkesnis metalas idealiai tiko įrankiams ir ginklams gaminti. Dabar bronzos amžius yra pripažintas civilizacijos

50
Sn
118,711

**404 pav.** Kasiteritas, stanitas, cilindritas ir frankeitas

vystymosi etapu. Kaip buvo atrasta bronza, mes nežinome, bet Egipto, Mesopotamijos žmonės ją pradėjo naudoti maždaug 3000 m. prieš mūsų erą.

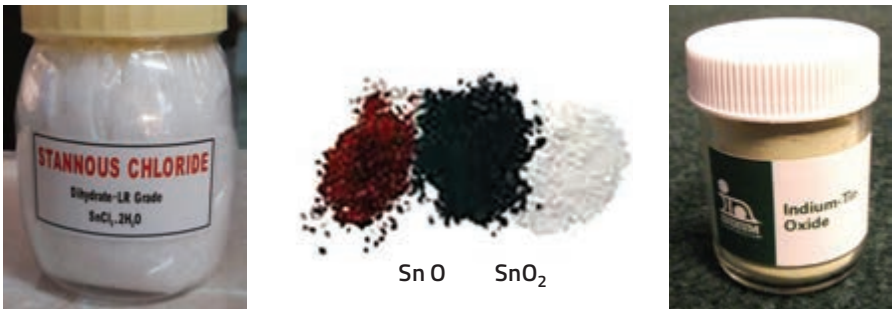
Gamtoje alavas randamas mineraluose (kasiterite ($SnO_2$), stanite ($Cu_2FeSnS_4$), cilindrite ($Pb_3Sn_4FeSb_2S_{14}$), frankeite ($Pb_5Sn_3Sb2S_{14}$) ir dar keliolikoje kitų), gaunamas iš rūdų. Pagal paplitimą yra 49-asis elementas. Alavas gaunamas karbotermiškai iš alavo oksido:

$$SnO_2 + 2C \rightarrow Sn + 2CO.$$

Daugiausia alavo pagaminama Kinijoje, Indonezijoje, Peru, Bolivijoje ir Brazilijoje.

Lenkiant alavo skardą, girdimas garsas: vadinamąjį „alavo šauksmą ar verksmą“ sukelia alavo kristalų poslinkis ir deformavimas. Panašia savybe pasižymi indis, kadmis ir užšaldytas gyvsidabris. Alavas turi didžiausią patvarių izotopų kiekį. Lydosi gana žemoje temperatūroje (232 °C). Žemesnėje nei 13 °C temperatūroje virsta milteliais.

Ore oksiduojasi lėtai. Alavui yra būdingas +4 oksidacijos laipsnis, tačiau jis sudaro ir junginius, kuriuose oksidacijos laipsnis yra lygus +2. Cheminės savybės šiek tiek panašios į kaimyninių elementų – germanio ir švino. Aukštesnėje temperatūroje alavas reaguoja su deguonimi ir siera:




**405 pav.** Alavo junginiai

$Sn + O_2 \rightarrow SnO_2$,

$Sn + 2S \rightarrow SnS_2$.

Kambario temperatūroje reaguoja su halogenais, tirpsta druskos rūgštyje, kituose vandenilio halogeniduose, azoto rūgštyje:

$Sn + 2X_2 \rightarrow SnX_4$ (X = F, Cl, Br, I),

$Sn + 2HCl \rightarrow SnCl_2 + H_2$,

$Sn + 4HNO_3 \rightarrow SnO_2 \cdot 2H_2O + 4NO_2$.

Svarbiausia druska – alavo chloridas ($SnCl_2$, $SnCl_4$) – naudojama pluoštui dažyti, kaip reduktorius organinėje sintezėje, paviršiaus aktyvavimui prieš cheminį metalizavimą. Monoksidas (SnO) naudojamas kaip katalizatorius ar juodasis pigmentas, dioksidas ($SnO_2$) – kaip baltasis pigmentas, transporto priemonių apsaugai nuo apledėjimo, dujų jutikliuose.

Labai svarbi šiuolaikinių technologijų medžiaga yra elektrai laidžios, skaidrios indžio-alavo oksido (ITO) plėvelės ant stiklo, naudojamos optinėje elektronikoje, skystųjų kristalų ekranuose. Cinko stanatą ($Zn_2SnO_4$) deda į plastiką kaip nuo gaisro apsaugančią priemonę.

Naudojamas plieninei skardai alavuoti, įvairiuose lydiniuose. Nedidelis kiekis alavo dedamas ir į monetas – 50, 20 ir 10 euro centų monetos turi apie 1 % alavo.

50
Sn
118,711

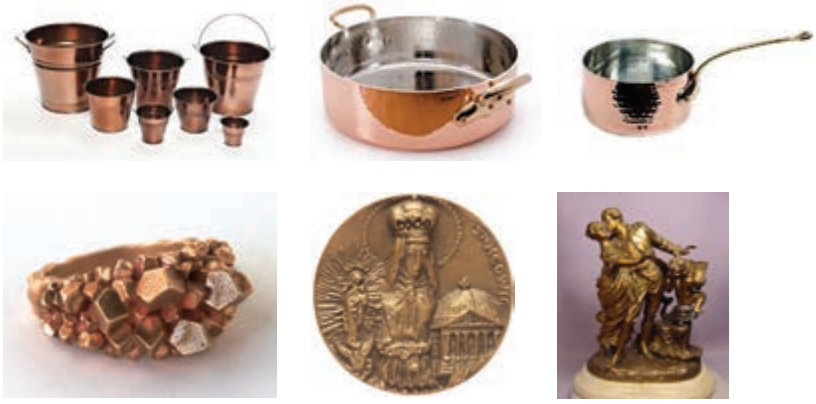
**406 pav.** Alavuoti plieno gaminiai

**407pav.** Lydmetalis

Alavu padengtas plienas yra atsparesnis korozijai. Dėl mažo toksiškumo alavuoto plieno skardinės plačiai naudojamos maisto pramonėje.

Svarbiausi lydiniai – bronza, žalvaris, babitas. Grynas bei lydinyje su švinu naudojamas litavimui. Alavas lydiniams suteikia pilką spalvą. Pirmąją bronzą sudarė 1/8 dalis alavo ir 7/8 dalys vario. Grynas alavas buvo pagamintas gerokai vėliau. Šiais laikais alavas naudojamas daugelyje lydinių, ypač alavo-švino minkštųjų lydmetalių, kuriuose paprastai yra 30–60 % alavo, gamybai. Apie 50 % alavo sunaudojama lydmetaliui gaminti, o kita dalis – kitoms reikmėms. Iš niobio-alavo lydinio gaminamas superlaidus magnetas.

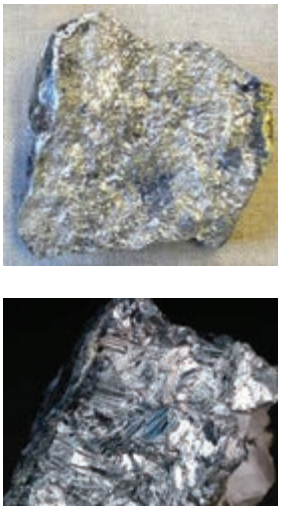
Tačiau kai kurie organiniai alavo junginiai, naudojami kaip biocidai (ypač pesticidai), medienos konservantai, gali būti toksiški – beveik kaip cianidas. Tokiais konservantais padengti laivai yra labai pavojingi austrėms ir kitoms jūrų gėrybėms. Alavas nevaidina biologinio vaidmens.



**408 pav.** Bronza

51
Sb
121,760

# 51. Stibis (Sb)



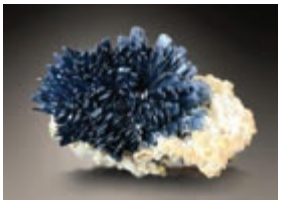

**409 pav.** Stibis

Stibis – pilkas, blizgus, kietas ir trapus pusmetalis. Labai retas elementas. Pavadinimo kilmė nėra labai aiški. Daugelyje kalbų šio elemento pavadinimas kilęs iš graikų kalbos: *anti* – priešdėlis, nurodantis priešybę, *monos* – vienas. Manoma, kad tokį pavadinimą lėmė ta aplinkybė, kad stibis labai retai buvo randamas grynas, t. y. jis buvo išgaunamas ne vienas, o junginiuose (*not found as metal*, or *not found unalloyed*). Kita pavadinimo kilmės versija yra susijusi su „vienuolių žudiku“ (*anti-monachos* arba pranc. *antimoine*). Su vienuoliais tapatinami alchemikai dažnai mirdavo, apsinuodiję stibiu. Dabartinį stibio simbolį (Sb) kaip *stibium* santrumpą pasiūlė Jönsas Jakobas Berzelius.

Stibio junginiai žinomi nuo labai senų laikų. Stibio turintys milteliai buvo naudojami medicinoje, kosmetikoje. Arabišku žodžiu *kohl* vadinama kosmetika, t. y. stibio sulfido mišinys su anglies suodžiais, buvo naudojama kaip blakstienų tušas ir paakiams ryškinti.

Gamtoje randamas stibnito ($Sb_2S_3$) mineralo pavidalo, vario ir sidabro tioantimonituose ($Cu_3SbS_3$, $Ag_3SbS_3$). Metalinio stibio gavimo procesą iš $Sb_2S_3$ aprašė

**410 pav.** „Kohl“ kosmetika



**411 pav.** Antimonitai ir stibnitas

italų metalurgas Vannoccio Biringuccio (1480–1539). Apie šį procesą pirmą kartą paskelbta 1540 metais. 1615 m. stibį gavo ir vokiečių chemikas Andreas Libavius (1550–1616). Pirmą kartą stibio grynuolį 1738 m. gamtoje rado švedų mokslininkas Antonas von Swabas (1702–1768).

Pramoninis stibio gamybos būdas yra tiesioginė redukcija geležimi iš stibio sulfido:

$$Sb_2S_3 + 3Fe \rightarrow 2Sb + 3FeS.$$

Arba pastarasis deginamas iki stibio oksido, tuomet stibis gaunamas karbotermiškai iš oksido:

$$2Sb_2O_3 + 3C \rightarrow 4Sb + 3CO_2.$$

51
Sb
121,760

**412 pav.** Vannoccio Biringuccio, Andreas Libavius ir Antonas von Swabas

Daugiausia stibio pagamina Kinija, Pietų Afrika, Bolivija ir Tadžikistanas.

Stibis turi ir metalų, ir nemetalų savybių. Blogai praleidžia šilumą ir elektrą. Veikiamas mechaniškai stibis yra sprogus. Skystas stibis turi ypatingą savybę – šaldamas plečiasi (vanduo taip pat yra vienas iš nedaugelio skysčių, turinčių tokią savybę). Stibio cheminės savybės panašios į arseno. Chemiškai nelabai aktyvus. Atsparus rūgščių poveikiui. Stibis lėtai tirpsta koncentruotuose druskos tirpaluose ir sieros rūgštyje (susidaro chloridai ir sulfatai). Reaguoja su koncentruota azoto rūgštimi. Pašildytas reaguoja su deguonimi, sudarydamas $Sb_2O_3$. Aktyviai reaguoja su halogenais. Lydomas su siera (S), selenu (Se), telūru (Te) sudaro chalkogenidus. Jungdamasis su metalais stibis sudaro antimonidus.

Stibio junginiai (dažniausiai $Sb_2O_3$) dedami kaip priedai į ugniai atsparius mišinius, ugnies plitimo lėtiklius (apie 60 % viso stibio panaudojimo). Jais

**413 pav.** Stibio junginiai – ugnies plitimo lėtikliai

**414 pav.** Stibio pigmentai

impregnuojami vaikų drabužiai, žaislai, automobilių ir lėktuvų sėdynių užvalkalai, polimeriniai lėktuvų variklių gaubtai.

Didelę praktinę reikšmę turi stibio sulfidai (degtukų gamyboje, automobilių stabdžių sistemoje stabilizuoja trintį, pigmentų pramonėje). Stibio lydinys su švinu ir alavu naudojamas kaip lydmetalis, kulkoms, lėktuvų guoliams gaminti. Švino-stibio plokštelės naudojamos rūgštinėse švino baterijose.

Stibis ir stibio junginiai naudojami mikroelektronikoje, kaip katalizatoriai, oro burbulams išlydytame stikle (TV ekranuose) šalinti, kaip pigmentai. Indžio antimonidas naudojamas gaminant infraraudonųjų spindulių detektorius. Stibio junginiai – emetikai – naudojami medicinoje (sumažina geltonosios tulžies kiekį). Kai

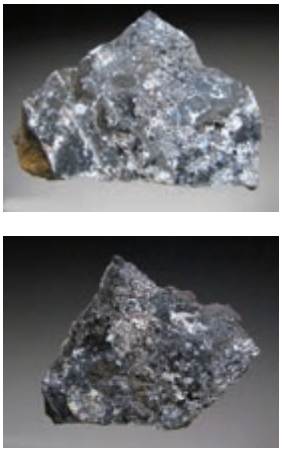
**415 pav.** Emetikai

51
Sb
121,760

kurie stibio turintys vaistai naudojami veterinarijoje. Stibio yra gyvuosiuose organizmuose. Į žmogaus ir gyvūnų organizmą stibis patenka pro kvėpavimo organus ir virškinamąjį traktą. Kaupiasi skydliaukėje, kepenyse, blužnyje, kasoje. Elementinis stibis nėra pavojingas, tačiau stibio dulkės ir kai kurie junginiai yra labai pavojingi žmogaus sveikatai.

# 52. Telūras (Te)

52
Te
127,6




**416 pav.** Telūras

Telūras – vienas rečiausių elementų, sidabriškai baltas, blizgus pusmetalis. Gamtoje jis aptinkamas difuziškai išbarstytas įvairiose polimetalinėse rūdose.

1783 m. telūrą atrado Austrijos mineralogas Franzas-Josephas Mülleris von Reichensteinas (1740–1825) aukso rūdoje (aukso telūride, $AuTe_2$), rastoje Rumunijoje. Po ilgų tyrinėjimų atradėjas taip ir nenustatė to nežinomo elemento, todėl jį vadino „paradoksaliu auksu“, „probleminiu metalu“. 1789 m. savarankiškai telūrą aptiko vengrų mokslininkas, botanikas ir chemikas Paulas Kitaibelis (1757–1817). 1796 m. Berlyne Martinas Klaprothas iš aukso telūrido išgavo telūrą ir patvirtino Franzo-Josepho Müllerio von Reichensteino atradimą.

Pavadinimas kildinamas iš lotyniško žodžio *tellus*, kuris reiškia žemė. Telūras yra santykinai retai gamtoje aptinkamas elementas (panašiai kaip platina), randamas dažniausiai junginiuose, įvairiose vario, nikelio, švino, sidabro, aukso rūdose (kalaveritas arba kreneritas ($AuTe_2$), petzitas ($Ag_3AuTe_2$), silvanitas ($AgAuTe_4$), melonitas ($NiTe_2$), tetradimitas ($Bi_2Te_3$). Auksas dažniausiai

52
Te
127,6

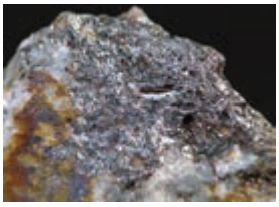
**417 pav.** Franzas-Josephas Mülleris von Reichensteinas ir Paulas Kitaibelis

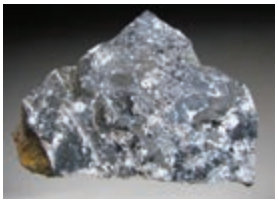
randamas grynuolių pavidalo, o jeigu randamas junginiuose, tai dažniausiai telūriduose. Net retųjų žemių elementai yra labiau paplitę Žemės plutoje nei telūras. Įvairiuose sulfidiniuose mineraluose labai dažnai vietoje sieros būna selenas, bet ne telūras.

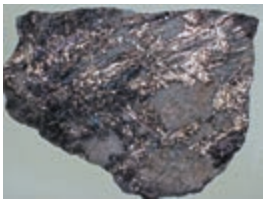
1893 m. aukso karštligės metu Kalgurlio miesto (Australija) kalnakasiai ieškojo tik gryno aukso. Iškastą piritinę medžiagą (aukso telūridą) naudojo kelių duobėms užpildyti ir šaligatviams tiesti, nes nežinojo, kad toje rūdoje yra aukso. 1896 m. nustačius šios uolienos cheminę sudėtį, prasidėjo antroji aukso karštligės banga: buvo ardomi šaligatviai ir kasamos gatvės.

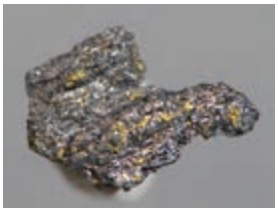
Gaunamas kaip šalutinis metalurgijos produktas vario, švino ar kitų metalų gamyboje. Susidarę metalų telūridai yra deginami 500 °C temperatūroje:

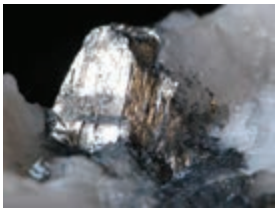
$$Cu_2Te + O_2 + Na_2CO_3\ O\ Na_2TeO_3 + 2Cu + CO_2.$$











**418 pav.** Kalaveritas, petzitas, silvanitas, melonitas ir tetradimitas

**419 pav.** Telūro panaudojimas lydiniuose

Telūras gaunamas iš vandeninių tirpalų redukuojant jo junginius arba paverčiamas netirpiu oksidu. Iš pastarojo išgaunamas elektrolizės būdu arba sąveikos su sieros dioksidu metu:

$$TeO_2 + 2SO_2 + 2H_2O \rightarrow Te + 2SO_4^{2-} + 4H^+.$$

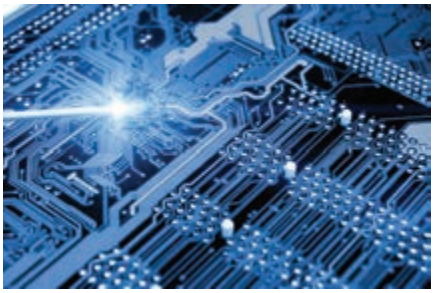
Telūras daugiausia gaminamas JAV, Peru, Japonijoje ir Kanadoje.

Telūro cheminės ir fizikinės savybės yra labai panašios į seleno ir sieros. Turi kristalinę ir amorfinę modifikacijas. Lengvai malamas į miltelius. Pasižymi puslaidininkinėmis savybėmis. Junginiuose gali turėti skirtingą oksidacijos laipsnį (nuo –2 iki +4, rečiau iki +6). Telūras mažiau reaktingas nei siera ir selenas.

Telūro panaudojimas nėra labai platus. Dedamas į lydinius, pavyzdžiui, norint pagerinti vario ir plieno apdirbimą. Nedideli kiekiai padidina švino patvarumą ir kietumą.

CdTe yra vienas iš pačių populiariausių puslaidininkių šiuolaikinėje radiotechnikoje, saulės elementų gamyboje. Kadangi telūras turi labai didelę elektrinę varžą, jis sėkmingai naudojamas kondensatorių, šaldytuvų bei jautrių termoporų gamyboje. $Bi_2Te_3$ naudojamas termoelektriniuose prietaisuose. Telūras taip pat

52
**Te**
127,6



**420 pav.** Telūridų panaudojimas

naudojamas stiklo bei keramikos, kabelių ir kaučiuko gamyboje, gumai vulkanizuoti. Kai kurie telūro junginiai naudojami kaip pigmentai, optiniai pluoštai.

Telūro druskos (telūritai) naudojamos medicinoje: bakteriologinei difterijos diagnostikai ir kaip antiseptikai. Telūras nėra toksiškas. Nevaidina biologinio vaidmens.

# 53. Jodas (I)

**421 pav.** Jodas

Jodas – juodai violetinė blizganti kieta medžiaga, nemetalas. Turi vienintelį stabilų izotopą $^{127}I$, randamą gamtoje. Kiti 37 žinomi jodo izotopai yra radioaktyvūs. Visiems gerai yra žinomos jodo, kaip antiseptiko, savybės. Chirurgas Antonio Grossichas (1849–1926) vienas pirmųjų panaudojo jodą operuojamoms vietoms sterilizuoti. 1908 m. jo iniciatyva jodo tinktūra buvo viešai pripažinta sterilizavimo medžiaga medicinoje.

Elementą 1811 m. atrado prancūzų chemikas Bernardas Courtois (1777–1838) jūros dumbliuose, surinktuose prie Normandijos ir Bretanijos krantų. Jūros dumblių pelenus paveikęs sieros rūgšties tirpalo pertekliumi, pastebėjo išsiskiriančius violetinius garus:

$$2NaI + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + Na_2SO_4.$$

Ant vėsaus paviršiaus garai kristalizavosi į tamsius kristalus. Gautus pavyzdžius jis atidavė tirti Charlesui Bernardui Desormesui (1777–1838), Josephui Louis

**422 pav.** Bernardas Courtois, Charlesas Bernardas Desormesas ir Josephas Louis Gay-Lussacas

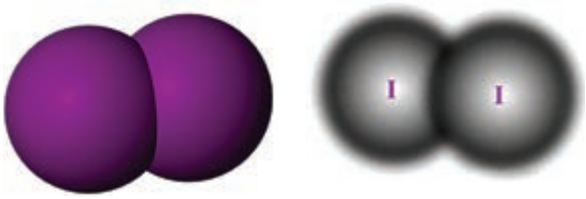
Gay-Lussacui (1778–1850) ir André-Marie Ampère'ui (1775–1836). Jie patvirtino naujo elemento atradimą. Josephas Louis Gay-Lussacas elementą pavadino pagal jodo violetinės spalvos pavadinimo graikišką atitikmenį (gr. *ioeides* – mėlynas kaip žibuoklė). Ypač ryškų violetinį atspalvį turi jodo garai. Jodas egzistuoja dviatomių molekulių pavidalo ($I_2$).

Jodas yra retas elementas. Rečiausias iš visų halogenų. Jodo gamtiniai šaltiniai daug skurdesni nei kitų halogenų. Randama jūros vandenyje, nes jodą kaupia jūrų dumbliai. Čilės salietroje jodo koncentracija, kaip priemaiša, siekia iki 1 %. Jodo mineralai labai reti. Žinomas lautaritas ($Ca(IO_3)_2$) ir dietzeitas ($7Ca(IO_3)_2 \cdot 8CaCrO_4$).

Pagrindiniai jodo gamintojai yra Čilė ir Japonija. Gaunamas praskiestas jodo tirpalas koncentruojamas. Pats gavimo procesas apima kelis sintezės ir gryninimo etapus:

$$I_2 + 2H_2O + SO_2 \rightarrow 2HI + H_2SO_4,$$

$$2HI + Cl_2 \rightarrow I_2\downarrow + 2HCl.$$




**423 pav.** $I_2$ molekulė

25 °C temperatūroje $I_2$ yra tamsiai violetinės spalvos kristalai, kurie kaitinami sublimuojasi, t. y. virsta violetinės spalvos garais. Taip pat svarbu pažymėti, kad kietos būsenos elementinis jodas pasižymi metaliniu blizgesiu bei elektriniu laidumu aukštoje temperatūroje. Jodas nežymiai tirpsta vandenyje, tačiau $I_2$ tirpumas padidėja susidarant polijodido anijonams:

$$I_2 + I^- \rightarrow [I_3]^-.$$

Gana gerai tirpsta organiniuose tirpikliuose. Nepoliniuose tirpikliuose (heksanas, anglies tetrachloridas) jodo tirpalo spalva – violetinė, o poliniuose (alkoholiai) – ruda.

Labai populiari yra jodo arba krakmolo atpažinimo reakcija: lašinant jodą ant krakmolo susidaro tamsiai mėlynos spalvos produktas.

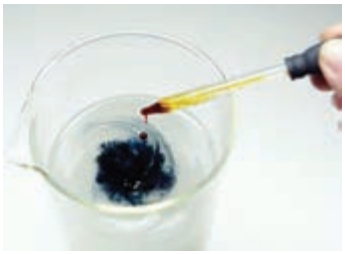
Nors –1 oksidacinės būsenos jodas sudaro daugiausia junginių, egzistuoja cheminiai junginiai, kuriuose jodas, kaip ir kiti halogenai, turi +1, +3, +5 ar +7 krūvį. Mažai tirpaus sidabro jodido susidarymo reakcija naudojama kokybiniam jodido jonų nustatymui. Radioaktyvūs jodo izotopai dažniausiai yra naudojami tyrinėjant mainų

**424 pav.** Jūrų dumbliai, jūros druska, lautaritas ir dietzeitas

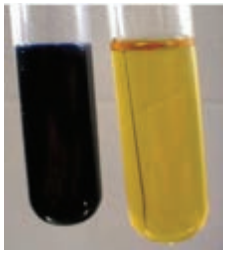
**425 pav.** $I_2$ sublimacija

reakcijas ir nustatant šių reakcijų mechanizmus. Dar radioaktyvūs izotopai ($^{123}I$, $^{131}I$) naudojami medicininėje diagnostikoje kaip radiokontrastinis reagentas. Radioaktyvūs jodo izotopai naudojami skydliaukei gydyti. Jodo tinktūra etanolyje naudojama kaip antiseptikas. Jodas prasiskverbia į mikroorganizmus ir naikina jų ląsteles.

Jodas naudojamas kaip katalizatorius sintetinant acto rūgštį, kai kuriuos polimerus. Sidabro jodidas naudojamas fotografijoje. Tai esminis elementas gyviesiems organizmams. Jeigu organizme trūksta jodo, sutrinka skydliaukės veikla. Jodas yra labai svarbus skydliaukės hormonų sintezei ir ląstelių apykaitos reguliavimui. Suaugusio žmogaus organizme yra 20–50 mg jodo. Jeigu skydliaukė yra pernelyg aktyvi, gydymas jodu gali būti susijęs su didesne vėžio rizika.



**Jodo tirpalas su krakmolu**



**Jodo tirpalas be krakmolo**

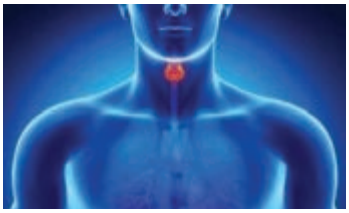
**426 pav.** Krakmolo atpažinimo reakcija

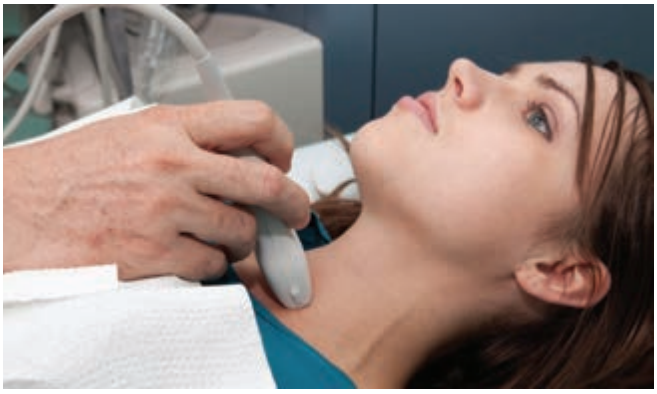
Radioaktyvusis jodas nuryjamas

Matuojamas skydliaukės radioaktyvumas

**427 pav.** Jodas medicinoje

Maisto produktuose jodo nedaug. Daugiausia jo yra jūros žuvyse, jūros gėrybėse, menkės kepenyse, jūros kopūstuose, joduotoje druskoje.





**428 pav.** Skydliaukė

54
Xe
131,294

# 54. Ksenonas (Xe)

**429 pav.** Ksenonas

Ksenonas – bespalvės, tankios, beskonės, bekvapės rečiausios inertinės dujos. Nors dujos ir inertinės, jos šiek tiek reaktingos, iš inertinių dujų reaguojančios aktyviausiai.

Atradus neoną, argoną ir kriptoną, buvo rastos dar vienos nežinomos inertinės dujos (gr. *xenos* – svetimas, nežinomas). 1898 m. ksenoną Londone atrado seras Williamas Ramsay'us ir Morrisas Traversas. Naujos dujos vakuume švietė gražia mėlyna spalva. Williamas Ramsay'us ir pasiūlė šio elemento pavadinimą.

Ksenonas gaunamas frakcionuojant suskystintą orą. Po kelių kartų frakcinės distiliacijos skystas deguonis gali turėti apie 0,1–0,2 % kriptono ir ksenono mišinio. Kriptono ir ksenono frakcijos nuo deguonies paprastai atskiriamos redukcijos medžio anglimi metu iki $CO_2$, adsorbcija ant silicio dioksido gelio ir pakartotinės distiliacijos metu. Ksenonas dėl retumo ir stygiaus yra labai brangus – apie 10 €/L (kriptonas – apie 1 €/L, o neonas – apie 0,20 €/L).

Ksenono dujos yra apie 4,5 karto tankesnės už Žemės atmosferą. Skystas ksenonas pasižymi didele poliarizacija ir yra puikus tirpiklis. Jame gali tirpti angliavandeniliai, biologinės molekulės ir net vanduo. Elektros iškrovos metu ksenonas

švyti lavandų spalvos šviesa. 1962 m. Neilas Bartlettas pirmą kartą įrodė, kad ksenonas gali sudaryti junginius su fluoru ir deguonimi. Dabar yra žinoma per 100 įvairių ksenono junginių. Ksenono fluoridai $XeF_2$, $XeF_4$ ir $XeF_6$ yra termodinamiškai stabilūs junginiai ir sintetinami tiesiogiai iš elementų.

Kaip ir kriptonas, ksenonas yra naudojamas lazeriuose, elektrinėse reklaminėse lempose bei fotoblykstėse. Jų veikimas pagrįstas tuo, kad pro dujas leidžiant elektros srovę, susidaro elektromagnetinių bangų spindulys. Naudojant ksenonines lempas, blyksnio trukmė yra apie vieną mikrosekundę. Ksenono pagrindu gaminamos stroboskopinės, baktericidinės lempos yra naudojamos ruošiant maistą. Ksenonas kažkiek naudojamas kaip anestetikas, nors jis labai brangus, kaip dopingas – sportuojančių asmenų. Pirmo raudonos spalvos lazerio, išrasto 1960 m., energija buvo perduodama iš ksenoninės lempos.

**430 pav.** Ksenonas lazeriuose ir ksenono lempos

55
Cs
132,905

# 55. Cezis (Cs)

**431 pav.** Cezis

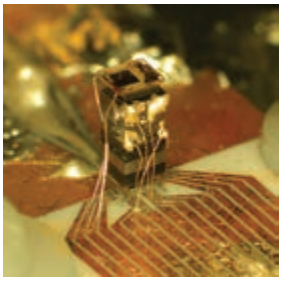
Cezis – minkštas, sidabriškai balkšvas šarminis metalas. Lydosi 28 °C temperatūroje. Jis yra vienas iš trijų metalų (Cs, Ga ir Hg), kurie yra skysti kambariui artimoje temperatūroje. Elektroteigiamiausias elementas. Pavadinimas kildinamas iš lotyniško žodžio *caesius*, kuris reiškia „žydra“ ar „dangiška“ (spektroskopinių linijų spalva). Cezį, kaip ir rubidį, 1860 m. atrado vokietis Robertas Wilhelmas Eberhardas Bunsenas (*University of Göttingen*) ir prūsas Gustavas Robertas Kirchhoffas (*University of Königsberg*). Pagrindiniai mineralai, kuriuose randamas cezis, yra polucitas ($(Cs, Na)_2Al_2Si_4O_{12} \cdot 2H_2O$), lepidolitas ($K(Li, Al, Rb)_3(Al, Si)_4O_{10}(F, OH)_2$) ir petalitas ($LiAlSi_4O_{10}$). Cezis – minkščiausias elementas. Labai grynas cezis yra laikomas argono atmosferoje. Dažniausiai cezis laikomas borosilikatinio stiklo vakuumuotose užlydytose ampulėse.

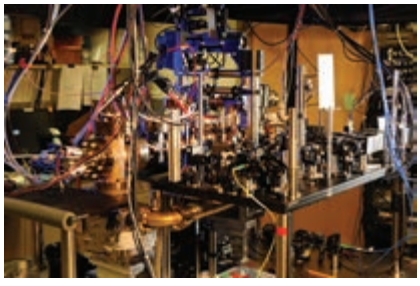
Gaunamas redukuojant cezio druskas:

$$Cs_2Cr_2O_7 + 2Zr \rightarrow 2Cs + 2ZrO_2 + Cr_2O$$

**432 pav.** Polucitas, lepidolitas ir petalitas

**433 pav.** Cezis vakuumuotose užlydytose ampulėse





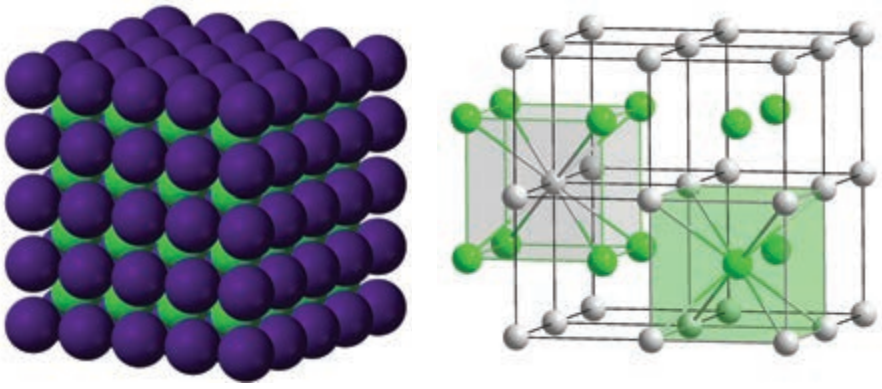
**434 pav.** Atominis laikrodis ir jo mikroschema

55
Cs
132,905

**435 pav.** Cezio formiato naudojimas

arba elektrolizuojant cezio cianido (CsCN) lydalą. Cheminės cezio savybės analogiškos kalio ir rubidžio cheminėms savybėms. Su vandeniu reaguoja labai audringai – sprogsta.

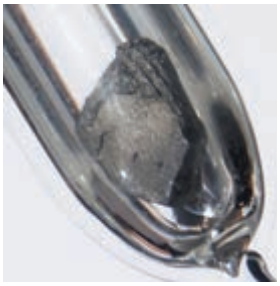
Cezis naudojamas atominiuose laikrodžiuose. Atominis laikrodis, kuriame atominiai virsmai naudojami laikui matuoti, yra pats tiksliausias laikrodis. Šie laikrodžiai skaičiuoja šviesos virpesius, atsirandančius atomuose. Šiuolaikinis atominis laikrodis su cezio atomais išlaiko 1 sekundės tikslumą 15 milijonų metų. Šiandien naudojamas laikas remiasi vidutiniu viso pasaulio atominių laikrodžių laiku. Tiksliausias pasaulio atominis laikrodis yra Nacionalinėje fizikos laboratorijoje Didžiojoje Britanijoje. Cezio formiatas naudojamas gręžimo skysčiuose naftos ir dujų gavybos pramonėje. Cezio chloridas pasižymi savita kristalografine sandara.

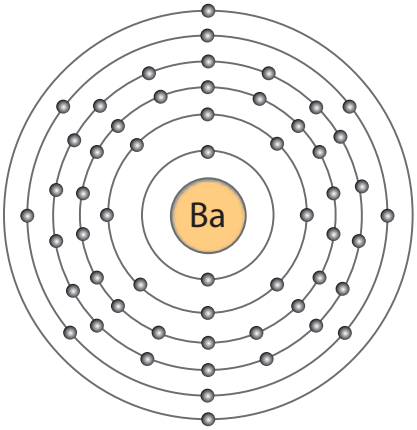


**436 pav.** CsCl struktūra

# 56. Baris (Ba)

56
Ba
137,328






**437 pav.** Baris

Baris – šarminių žemių elementas, minkštas, sidabrinės spalvos metalas. Labai reaktingas, todėl gamtoje laisvas elementas niekada nerastas. Turi tik vieną oksidacijos laipsnį +2.

Baris pirmą kartą aptiktas 1774 metais. Švedų chemikas-farmacininkas Carlas Wilhelmas Scheelė'ė Bolonijos fosfore pastebėjo naują elementą (bario sulfidą, kuris, paveikus šviesa, tamsoje šviečia). Iš bario sulfido jis gavo netirpią druską – bario sulfatą. Metalinį barį 1808 m. elektrochemiškai pirmasis išgavo seras Humphery'is Davy'is.

**438 pav.** Baritas ir viteritas

56
**Ba**
137,328

Baris buvo išgaunamas iš sunkaus mineralinio junginio – bario sulfato, todėl ir pats metalas pavadintas kaip sunkus (gr. *barys* – sunkus). Randamas mineralų barito ($BaSO_4$) ir viterito ($BaCO_3$) pavidalo.

Šiuo metu baris gaunamas elektrolizuojant $BaCl_2$ lydalą arba aliumotermiškai:

$$4BaO + 2Al \rightarrow 3Ba\uparrow + BaAl_2O_4.$$

Bario cheminės savybės yra tipiškos kaip ir kitų Žemės šarminių metalų, ypač kalcio. Reaguodamas su deguonimi sudaro BaO. Su chalkogenais reakcijos egzoterminės. Pašildžius reaguoja su anglimi, azotu, fosforu, siliciu, vandeniliu. Audringai reaguoja su vandeniu ir alkoholiais:

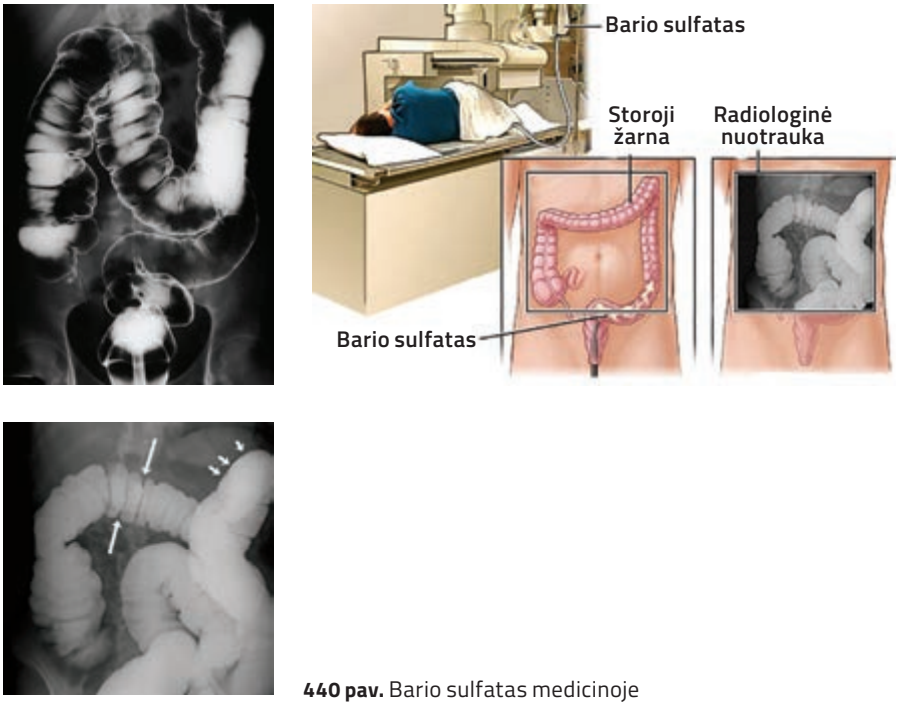
$$Ba + 2ROH \rightarrow Ba(OR)_2 + H_2\uparrow.$$

Panašiai reaguoja su praskiestomis rūgštimis.

Baris kartu su stronciu naudojamas spalvotųjų televizorių ekranų stikluose, katodiniuose spindulių vamzdeliuose – apsaugo nuo rentgeno spinduliuotės. Kaip ir kalcis, baris elektrovakuuminiuose prietaisuose naudojamas kaip geteris. Reaktingas baris vakuumuotame įrenginyje pašalina nedidelį kiekį likusių dujų. Naudojamas fejerverkuose, nes bario junginiai liepsną nudažo žalia spalva.

Bario sulfatas, vandenyje netirpi ir nekenksminga sveikatai medžiaga, medicinoje naudojamas kaip radiokontrastinis reagentas rentgenologinių virškinamojo trakto tyrimų metu. Išgertas bario sulfato kreidinis skystis padengia virškinamojo trakto gleivinę ir padaro ją nepermatomą rentgeno spinduliams. Tokioje

**439 pav.** Bario junginiai liepsną nudažo žalia spalva




**440 pav.** Bario sulfatas medicinoje

rentgeno nuotraukoje matomas virškinamojo trakto gleivinės siluetas. Šio rentgenologinio tyrimo metu siekiama išaiškinti stemplėje, skrandyje, dvylikapirštėje žarnoje, plonajame žarnyne ir storojoje žarnoje esančius pokyčius. Tyrimas padeda diagnozuoti peptines opas, auglius, kolitą, padidėjusius organus, spaudžiančius skrandį. Yra du pagrindiniai virškinamojo trakto būklės tyrimai.

1. Maistas su bariu arba nurytas baris. Šio tyrimo metu bario druska yra nuryjama su maistu arba su skysčiu ir tiriama viršutinė virškinamojo trakto dalis.

2. Bario klizma. Bario druska suleidžiama į apatinę virškinamojo trakto dalį. Šiuo atveju tiriama apatinė virškinamojo trakto dalis.

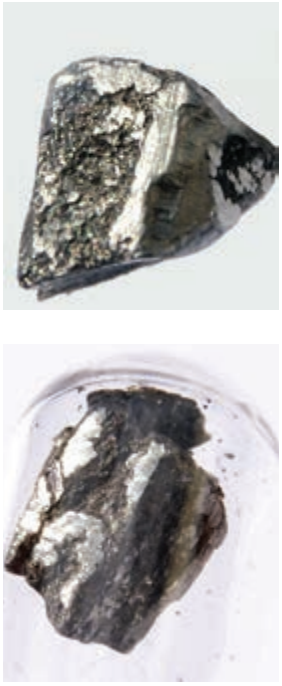
Baris sudaro įvairius lydinius su kitais metalais. Pavyzdžiui, lydinys su nikeliu naudojamas automobilių kibirkštinių žvakių dalims gaminti, bario sulfatas ar bario karbonatas – stiklui gaminti. Vandenyje tirpūs bario junginiai yra nuodingi. Didelės bario koncentracijos gali neigiamai veikti nervų sistemą, atsiranda silpnumas, galimas paralyžius. Taip pat veikia regėjimą, odą, imuninę ir kvėpavimo sistemas, tačiau nėra kancerogeninis metalas.

56
**Ba**
137,328

**441 pav.** Bario panaudojimas

# 57. Lantanas (La)

57
La
138,905




**442 pav.** Lantanas

Lantanas – minkštas (galima pjauti peiliu), kalus, sidabriškai baltas metalas, vienas iš retųjų žemių elementų.

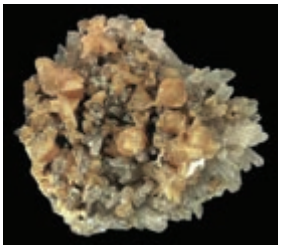
Šį cheminį elementą negryname cerio nitrate 1839 m. atrado švedų chemikas ir chirurgas Carlas Gustavas Mosanderis (1797–1858). Tais pačiais metais švedas Axelis Erdmannas (1814–1869) iš to paties Karolinskos instituto (*Karolinska Institutet*) atrado lantaną kitame minerale iš Norvegijos fiordo. Kadangi ilgą laiką jis buvo nežinomas, naują elementą pavadino nuo graikiško žodžio „paslėptasis“. Grynas metalas buvo išgautas tik 1923 metais. Pradžioje Carlas Gustavas Mosanderis atrastą lantaną pavadino *didymium*, net neįtardamas, kad tas *didymium* irgi buvo mišinys – 1885 m. jame buvo atrastas prazeodimis ir neodimis.

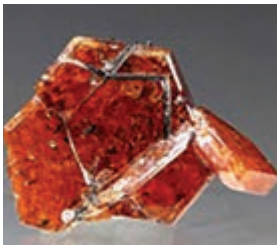
57
**La**
138,905

**443 pav.** Carlas Gustavas Mosanderis ir Axelis Erdmannas

Lantano pavadinimas yra likusių 14-os retųjų žemių metalų, kurie vadinami lantanoidais, eponimas.

Dažniausiai randamas su ceriu ir kitais lantanoidais monazite (lantanoidų fosfatų mišinys, $M^{III}PO_4$), lantanite (lantanoidų karbonatų mišinys, $M^{III}CO_3$) ir bastnazite (lantanoidų karbonatų fluoridų mišinys, $M^{III}CO_3F$). Nors jis ir vadinamas retųjų žemių elementu, bet yra 28-asis pagal paplitimą Žemės plutoje. Jo randama beveik tris kartus daugiau nei švino ir jis yra tečiasis pagal paplitimą tarp retųjų žemių elementų. Lantano Žemės plutoje yra 39 mg/kg, neodimio – 41,5 mg/kg ir cerio – 66,5 mg/kg. Retosios žemės yra tik istorinis pavadinimas, nes jos yra retesnės už „įprastines žemes“ (kalkes, kalcio karbonatą, magnio oksidą). Tačiau gryno lantano išgavimo iš rūdų procesas yra sudėtingas. Istoriškai lantanas iškristalinamas druskos $La(NO_3)_3 \cdot 2NH_4NO_3 \cdot 4H_2O$ pavidalo.





**444 pav.** Monazitas, lantanitas ir bastnazitas

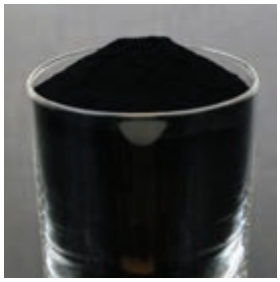
Metalinis lantanas gaunamas iš lantano oksido 300–400 °C temperatūroje kaitinant su amonio chloridu:

$La_2O_3 + 6NH_4Cl \rightarrow 2LaCl_3 + 6NH_3 + 3H_2O.$

Susidaręs lantano chloridas redukuojamas vakuume arba argono atmosferoje:

$LaCl_3 + 3Li \rightarrow La + 3LiCl.$

Lantano oksidacijos laipsnis junginiuose yra +3. Lantanas aktyvus metalas, ore greitai pasidengia hidroksido plėvele, o smulkios dalelės ore pačios užsiliepsnoja. Reaguodamas su deguonimi sudaro lantano oksidą ($La_2O_3$), su azotu – lantano nitridą (LaN). Lėtai reaguoja su vandeniu, sudarydamas lantano hidroksidą ($La(OH)_3$). Labai lengvai reaguoja su rūgštimis. Lydomas su kitais metalais sudaro metališkus junginius bei lydinius. Nedidelės lantano priemaišos labai pagerina lydinių mechanines ir antikorozines savybes. Lantano savybės yra panašios ir į trečioje grupėje esančių skandžio bei itrio.



**445 pav.** Lantano ir jo junginių panaudojimas

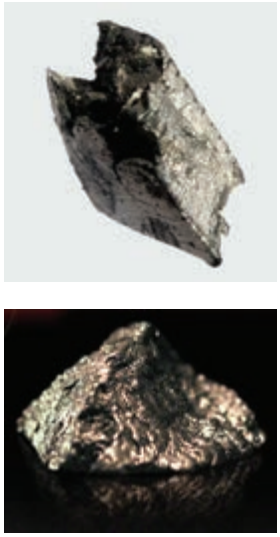
57
La
138,905

Metalinis lantanas komercijoje nenaudojamas. Lydiniai naudojami vandeniliui saugoti. Lantano junginiai naudojami aukštos įtampos elektroduose, aukštos kokybės metalo europio gamyboje, brangių žiūronų, vaizdo kamerų objektyvų ($LaF_3$, $La_2O_3$) gamyboje, nes stiklui suteikia labai geras refrakcines (spindulių lūžimo) savybes. Dar jie naudojami kaip katalizatoriai, priedai stikle, apšvietimo lempose, žiebtuvėlių degikliuose (piroforiniai retųjų žemių elementų lydiniai), scintiliatoriuose ($LaBr_3$), elektronų katoduose (LaB, $La_2O_3$) ir kitur. Lantano karbonatas naudojamas fosfatams surišti esant inkstų nepakankamumui („Fosrenol“). Labai daug lantano sunaudojama hibridinių automobilių gamyboje (anodas nikelio hidrido baterijose).

Lantanas nevaidina biologinio vaidmens. Nėra toksiškas, šiek tiek pasižymi antibakterinėmis savybėmis.

# 58. Ceris (Ce)

58
Ce
140,116




**446 pav.** Ceris

Ceris – minkštas ir kalus, beveik kaip alavas, sidabriškai baltos spalvos metalas, lantanoidas. 1751 m. švedų mineralogas Axelis Fredrikas Cronstedtas (1722–1765) atrado sunkų mineralą, kuris vėliau buvo pavadintas ceritu (silikatas). Po 30 metų penkiolikametis kalnakasybos įmonės savininko sūnus Vilhelmas Hisingeris (1766–1852) nusiuntė mineralo pavyzdį Carlui Scheele'ei, kuris minerale naujo elemento nerado. 1803 m. Vilhelmas Hisingeris perdavė mineralą Jönsui Jacobui Berzeliui (1779–1848) ir šis jame nustatė naują cerio oksidą, kuriame buvo rastas ir lantanas. Savarankiškai cerio oksidą panašiu laiku izoliavo ir vokietis Martinas Heinrichas Klaprothas. Cerio pavadinimas kilęs nuo Cereros asteroido pavadinimo, atrasto dvejais metais anksčiau nei šis elementas. Cerera – taip pat romėnų žemės ūkio, grūdinių kultūrų ir vaisingumo deivė.

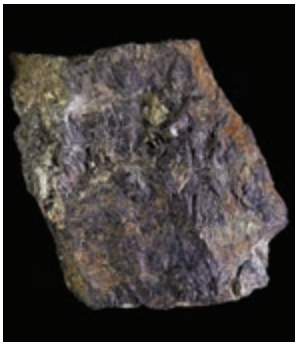
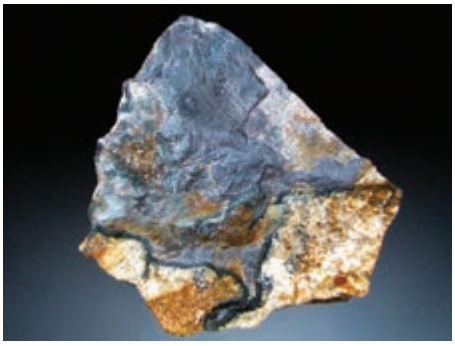
Gryną elementą 1875 m. išgavo Williamas Hillebrandas ir Thomas Nortonas, elektrolizuodami cerio chlorido lydalą. Randamas tuose pačiuose mineraluose kaip lantanas ir dar cerite – kompleksiniame įvairių metalų silikate, kuriame yra

58
Ce
140,116

**447 pav.** Axelis Fredrikas Cronstedtas, Vilhelmas Hisingeris ir Jönsas Jacobas Berzelius

cerio. Žemės plutoje cerio net yra daugiau nei cinko. Iš visų retųjų žemių elementų ceris lengviausiai ekstrahuojamas iš rūdų, nes tik jam, prazeodimiui ir terbiui yra būdingas +4 oksidacijos laipsnis, bet tik cerio šis laipsnis yra stabilus vandeniniuose tirpaluose. Cerio oksidai gaunami kaitinant jo rūdas ir veikiant druskos rūgštimi. Metalinis ceris gali būti gaunamas kaitinant cerio fluoridą su kalciu arba elektrolizuojant išlydytą cerio oksidą. Junginiuose ceriui yra būdingi +3 ir +4 oksidacijos laipsniai. Šaltame vandenyje ceris lėtai, o šiltame greitai oksiduojasi, papilkėja. Tai labai aktyvus metalas, ore greitai tamsėja, šildomas lengvai reaguoja su deguonimi, sudarydamas cerio oksidą ($CeO_2$), smulkios dalelės ore savaime užsiliepsnoja:

$$Ce + O_2 \rightarrow CeO_2.$$

**448 pav.** Ceritas

**449 pav.** Cerio ir jo junginių panaudojimas

Reaguoja su halogenais, šildomas – su vandeniliu, siera, anglimi, fosforu, azotu ir kitais elementais. Su dauguma metalų sudaro lydinius (pvz., CeAl, $CeMg_3$, CeCu ir kt.). Lengvai reaguoja su rūgštimis:

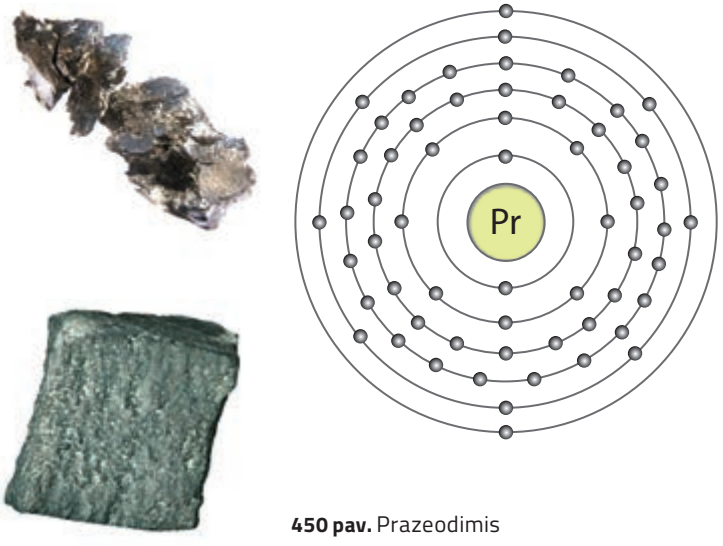
$$2Ce + 3H_2SO_4 \rightarrow 2Ce^{3+} + 3SO_4^{2-} + 3H_2.$$

Šarmuose netirpsta. Šis metalas pagerina metalų lydinių mechanines savybes, naudojamas katalizės procesuose (oksidai), pigmentų pramonėje (sulfidai), dėl vertingų dielektrinių bei puslaidininkinių savybių – radiotechnikoje ir elektronikoje, atominėje energetikoje. Ceriu legiruotas itrio aliuminio granatas ($Ce:Y_3Al_5O_{12}$, YAG) emituoja geltoną šviesą ir yra vienas pagrindinių komponentų gaminant baltos šviesos šviestukus (LED). Cerio oksidas naudojamas optiniams paviršiams poliruoti. Cerio oksido nanodalelės dedamos į dyzelinį kurą, kad jis kuo geriau sudegtų ir mažiau būtų išmetama teršalų. Ceris yra pagrindinis piroforinių retųjų žemių elementų lydinių komponentas.

Ceris nevaidina biologinio vaidmens. Nėra toksiškas.

59
Pr
140,908

# 59. Prazeodimis (Pr)




**450 pav.** Prazeodimis

Prazeodimis – minkštas, kalus, sidabriškai baltas metalas, lantanoidas.

Carlas Gustafas Mosanderis atrado lantaną ir didimį – kažką nežinomą. Didimiui net buvo pasiūlytas cheminio elemento simbolis Di. Prazeodimį 1885 m. Vienoje atrado austrų mokslininkas, chemikas, inžinierius, išradėjas Carlas Aueris von Welsbachas (1858–1929), kuris iš didimio sugebėjo išskirti du naujus elementus – prazeodimį ir neodimį. Jis tirpino didimį azoto rūgštyje ir perkristalizavo nitratus. Kristalizacijos procesus kartojo daugiau nei 100 kartų, o viena operacija trukdavo ilgiau nei 48 valandas. Taip iškristalizavo žaliai rusvą prazeodimio ir rožinę neodimio druskas.

Prazeodimio pavadinimas yra susijęs su jo chloridams būdinga žalsva spalva (gr. *prasios* – žalsva, žalio atspalvio ir *didymos* – dvynys). Antroji žodžio dalis „dimis“ gali būti siejama su anksčiau žinomu vientisu junginiu didimu, iš kurio vėliau buvo išgauti elementai dvyniai: prazeodimis ir neodimis.

**451 pav.** Carlas Aueris von Welsbachas

Metalinis prazeodimis išgautas 1931 metais. Tarp lantanoidų pagal paplitimą prazeodimis yra ketvirtasis elementas (po cerio, neodimio ir lantano). Rečiau aptinkamas už itrį ir skandį. Jis visada randamas tuose pačiuose mineraluose su ceriu, lantanu ir neodimiu. Prazeodimio kietumas panašus į sidabro. Kambario temperatūroje yra paramagnetikas. Prazeodimis gaunamas redukuojant prazeodimio chloridą kalciu.

Reaktingas – paviršius ore greitai oksiduojasi ir susidaro žalias oksidas:

$$12Pr + 11O_2 \rightarrow 2Pr_6O_{11}.$$

Susidaręs $Pr_6O_{11}$ oksidas gali būti lengvai redukuotas iki $Pr_2O_3$. Junginiuose būdingos +3 ir +4 oksidacijos būsenos. Reaguoja su vandeniu:

$$2Pr\,(s) + 6H_2O\,(l) \rightarrow 2Pr(OH)_3\,(aq) + 3H_2\,(g).$$

**452 pav.** Moserio stiklas

59
Pr
140,908

Tirpsta sieros rūgštyje, lengvai sąveikauja su halogenais.

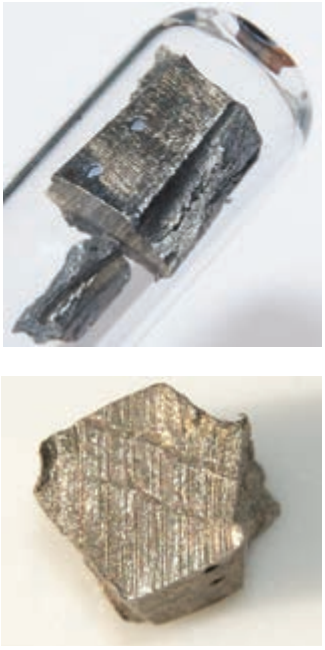
1920 m. Čekijoje Leo Moseris prazeodimį pradėjo naudoti stiklui spalvinti geltonai žalsva spalva (Moserio stiklo dirbtuvės Karlovy Vary mieste). Vėliau atsirado pigesnių pigmentų šiai spalvai išgauti. Prazeodimis taip pat naudojamas piriforiniuose retųjų žemių metalų (iki 5 %) ir kituose lydiniuose. Didelio stiprumo lydinys su magniu naudojamas lėktuvų varikliuose. Kartu su neodimiu naudojamas labai stipriems magnetams gaminti, kurie naudojami varikliuose, spausdintuvuose, laikrodžiuose, ausinukuose, garsiakalbiuose, magnetiniuose atminties įrenginiuose. Prazeodimio junginiai naudojami kaip fosforai apšvietimo lempose, pigmentai (labai intensyvi geltona glazūros spalva), katalizatoriai. Prazeodimio oksidas yra didimio stiklo komponentas (kartu su neodimiu). Šis stiklas filtruoja geltoną šviesą ir infraraudonųjų spindulių (šilumos) spinduliuotę, todėl naudojamas apsauginiams akiniams, skirtiems suvirintojams ir stiklo gamintojams.

Prazeodimis nevaidina biologinio vaidmens. Nėra nuodingas.

**453 pav.** Prazeodimio ir jo junginių panaudojimas

# 60. Neodimis (Nd)

60
Nd
144,243



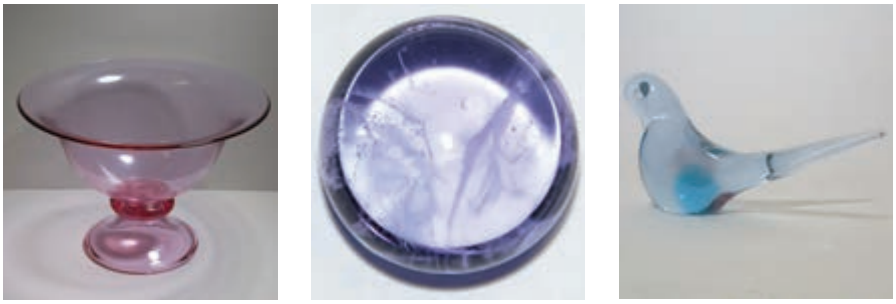

**454 pav.** Neodimis

Neodimis – kietas, sidabriškai baltas metalas, lantanoidas.

Kaip jau minėta, buvo manoma, kad didimas yra dviejų neatskiriamų elementų junginys, tačiau vėliau pavyko juos išskirti – buvo gautas prazeodimis ir neodimis. Pastarasis reiškė „naująjį iš dvynių (elementų)“ (gr. *neos* – naujas + *didimoi* – dvyniai). Neodimis atrastas 1885 m. vienu metu kaip prazeodimis (to paties austrų mokslininko Carlo Auerio von Welsbacho). Randamas tuose pačiuose monazito ir bastnazito mineraluose. Gryno neodimio gamtoje nerasta. Nors tai retųjų žemių elementas, bet nėra retesnis už kobaltą, nikelį ar varį. Pagal paplitimą yra antrasis tarp lantanoidų (po cerio).

Neodimio junginiams būdinga šviesiai rožinė, mėlyna, geltona spalvos. Junginiuose dažniausiai būna +3 oksidacinės būsenos. Tarp lantanoidų yra vienas

60
**Nd**
144,243



**455 pav.** Neodimiu nuspalvintas stiklas

iš reaktingiausių elementų. Su deguonimi lengvai jungiasi jau 150 °C temperatūroje:

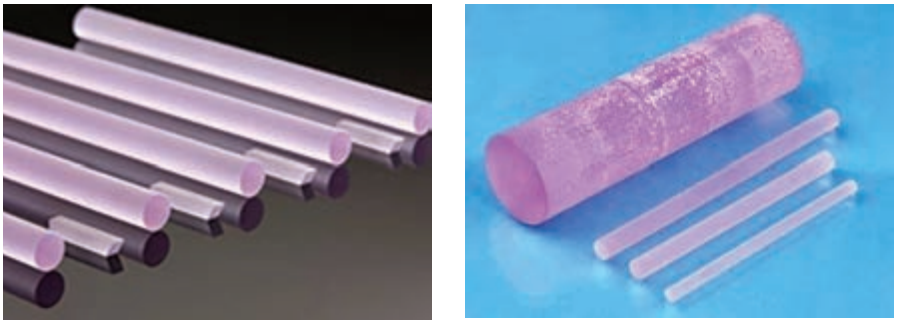
$$4Nd + 3O_2 \rightarrow 2Nd_2O_3.$$

Gerai tirpsta karštame vandenyje:

$$2Nd + 6H_2O \rightarrow 2Nd(OH)_3 + 3H_2.$$

Neodimio junginiai pirmiausia (1927 m.) buvo naudojami stiklui spalvinti rausvai violetine spalva. Dėl apšvietimo stiklo spalva gali pasikeisti.

Neodimiu legiruotas stiklas naudojamas lazeriuose emituoti infraraudonuosius spindulius (1 047 ir 1 062 nm). Kietakūniuose lazeriuose labiausiai yra žinomas itrio aliuminio granatas, legiruotas neodimiu (Nd:YAG). Šis lazeris emituoja 1 064 nm bangos ilgio spinduliuotę.



**456 pav.** Nd:YAG kristalai

Neodimiu legiruoti kristalai (Nd:YAG, Nd:$YVO_4$) sukuria labai galingus infraraudonųjų spindulių lazerio pluoštus, kurie lazeriniuose rodytuvuose virsta žalia lazerio šviesa ir yra naudojami komerciniuose nešiojamuosiuose lazeriuose. Neodimio lazeriai naudojami akių ir kosmetinėje chirurgijoje, jais šalinami piktybiniai odos navikai.

Neodimis labai svarbus lydiniams, kurie yra galingi pastovūs magnetai, gaminti (ypač svarbus yra $Nd_2Fe_{14}B$, išrastas 1983 m.). Jie naudojami mikrofonuose, garsiakalbiuose, ausinėse, gitarose, elektroniniuose muzikos instrumentuose, kompiuterių kietuosiuose diskuose ir kitur, kur reikia stipraus magnetinio lauko. Dideli

**457 pav.** Neodimio panaudojimas

60
Nd
144,243

neodimio magnetai naudojami hibridiniuose automobiliuose, vėjo turbinose ir lėktuvų generatoriuose. Kelių gramų neodimio magnetas gali pakelti tūkstantį kartų didesnį nei jo paties svorį, tačiau jis praranda magnetines savybes žemoje temperatūroje.

Neodimis naudojamas žaliai spalvai iš stiklo pašalinti, kuri dėl stikle esančių geležies priemaišų atsiranda šviesos filtruose, keraminėse glazūrose. Neodimis naudojimas automobilių galinio vaizdo veidrodžiuose, kad sumažintų dėl šviesos ir tamsos kontrasto atsiradusį spindesį. Kai kurios neodimio druskos naudojamos kaip katalizatoriai. Neodimis nevaidina biologinio vaidmens ir yra vidutinio toksiškumo. Neodimio dulkės yra degios ir sprogios.

# 61. Prometis (Pm)

61
Pm
144,913

**458 pav.** Prometis

Prometis – radioaktyvus lantanoidas. Visi jo izotopai yra radioaktyvūs. Tai antrasis cheminis elementas periodinėje lentelėje, esantis tarp stabilių elementų (kitas – technecis). Elementas pavadintas graikų dievo Prometėjo garbei, kuris dovanojo žmonėms ugnį. Pavadinimą pasiūlė Grace Mary Coryell, vieno iš promečio atradėjų žmona.

**459 pav.** Prometėjas

61
**Pm**
144,913

1902 m. čekų chemikas Bohuslavas Brauneris (1885–1935) paskelbė, kad tarp neodimio (60) ir samario (62) turi būti dar vienas elementas. Tai buvo patvirtinta 1914 metais. Anglų fizikas Henry'is Moseley'is (1887–1915), išmatavęs visų žinomų elementų atomines mases, konstatavo, kad trūksta 61-ojo elemento. 1938 m. amerikiečių mokslininkai, vykdydami radioaktyvius tyrimus, susintetino šį elementą, tačiau jų atradimas nebuvo patvirtintas. Prometis buvo atrastas tik 1945 m. JAV tiriant urano skilimo produktus (Jacobas A. Marinsky'is (1918–2005), Lawrence'as E. Glendeninas (1918–2008) ir Charlesas D. Coryellis (1912–1971).

Metalo pavyzdys buvo išskirtas tik 1963 metais. Pagrindiniai promečio gamtiniai šaltiniai yra radioaktyvus europio izotopas ir uranas (uraninito mineralas). Promečio mineralų gamtoje nėra. Daugiausia promečio gaunama sintetiniu būdu skylant radioaktyviam uranui arba kai kuriuos elementus veikiant neutronais.

**460 pav.** Bohuslavas Brauneris, Henry'is Moseley'is, Jacobas A. Marinsky'is, Lawrence'as E. Glendeninas ir Charlesas D. Coryellis

61
Pm
144,913

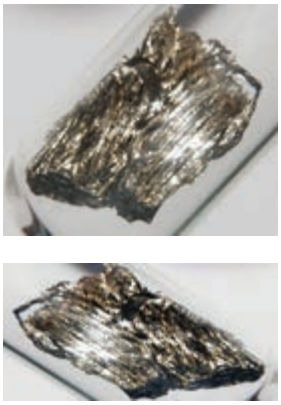
Promečio fizikinės ir cheminės savybės panašios į neodimio ir samario. Būdingas tik +3 oksidacijos laipsnis. Jo tirpalai yra rožinės spalvos. Daugiausia naudojamas moksliniuose tyrimuose. Kai kurie izotopai dėl juose esančio fosforo naudojami kaip šviečiantys dažai. Naudojamas atominėse (branduolinėse) baterijose, kuriose išsiskiriančios beta dalelės paverčiamos elektros energija. Tokių baterijų gyvavimo trukmė apie 5 metai. Jos yra labai kompaktiškos (prometis dedamas tarp silicio puslaidininkio lakštų), naudojamos širdies stimuliatoriams, valdomoms raketoms ir radijui. Promečio radioaktyviojo skilimo metu išsiskiriančią šviesą saulės baterijos paverčia elektra. Įvertinant pro medžiagą praėjusios spinduliuotės kiekį, prometis naudojamas medžiagų storiui nustatyti.

Prometis nevaidina biologinio vaidmens. Pavojingas, nes yra radioaktyvus.

**461 pav.** Branduolinės baterijos

62
Sm
150,36

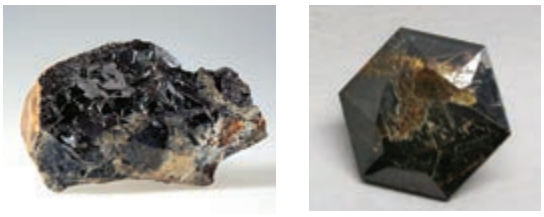
# 62. Samaris (Sm)




**462 pav.** Samaris

Samaris – vidutinio kietumo sidabriškai baltas metalas, lantanoidas, ore lėtai oksiduojasi.

Samarį 1879 m. atrado prancūzų chemikas Paulis-Emile'is Lecoqas de Boisbaudranas samarskito ($(Y, Ce, U, Fe)_3(Nb, Ta, Ti)_5O_{16}$) minerale. Iki 1920 m. samarį dažnai žymėjo Sa simboliu. Samaris pavadintas pagal mineralą samarskitą, o pastarasis pavadintas kalnakasybos specialisto V. Samarskio (Vasili Samarsky-Bykhovets, 1803–1870) garbei dar jam esant gyvam. Tai pirmasis elementas, kurio pavadinimas, nors ir netiesiogiai, buvo susietas su žmogaus pavarde. Samaris Žemės plutoje labiau paplitęs nei alavas. Jo randama cerite, gadolinite, samarskite,



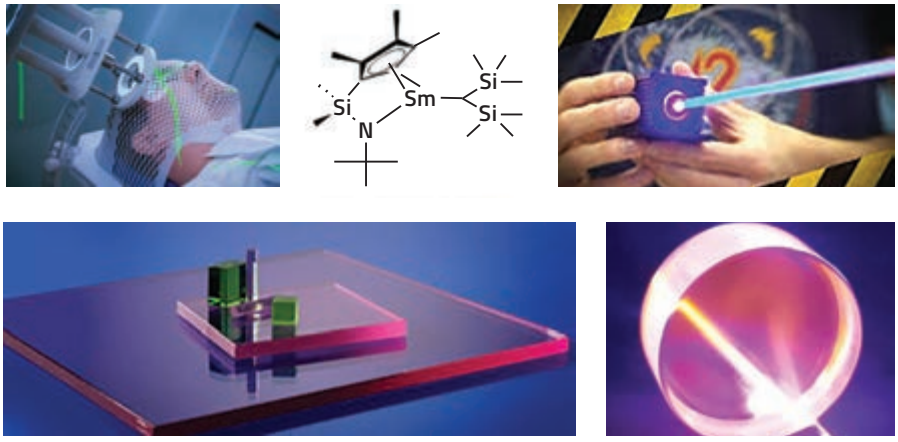
**463 pav.** Samarskitas

**464 pav.** Samario-kobalto magnetai

monazite ir bastnazite. Daugiausia samario pagamina Kinija. Grynas metalas pirmą kartą išgautas 1901 metais. Samario kietumas ir tankis yra panašūs į cinko. Kambario temperatūroje yra paramagnetikas.

Pagrindinis oksidacijos laipsnis junginiuose yra +3, bet žinomi junginiai, kuriuose samario oksidacijos laipsnis yra +2. Ore lėtai oksiduojasi iki $Sm_2O_3$, bet 150 °C temperatūroje savaime užsidega. Reaguoja su vandeniu. Tirpsta sieros rūgštyje. $Sm^{3+}$ jonai vandeninį tirpalą nudažo geltonai, o $Sm^{2+}$ – raudonai.

Daugiausia samario sunaudojama gaminant samario-kobalto magnetus ($SmCo_5$ arba $Sm_2Co_{17}$), panaudojamus panašiems tikslams kaip ir neodimio magnetai. Jų nuolatinis įsimagnetinimas nusileidžia tik neodimio magnetams. Šie magnetai, priešingai nei neodimio, nepraranda savo magnetinių savybių aukštoje temperatūroje.




**465 pav.** Samario ir jo junginių pritaikymas

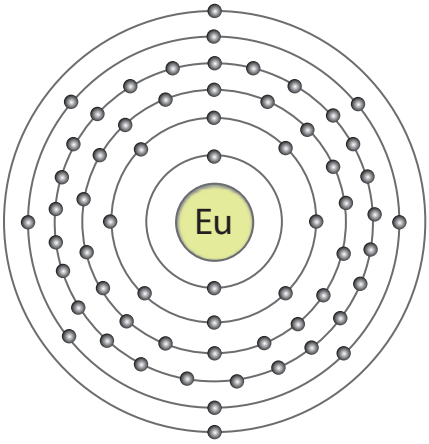
62
Sm
150,36

Radioaktyvusis samario izotopas naudojamas onkologinėje terapijoje vėžinėms ląstelėms plaučiuose, prostatoje, krūtyse, osteosarkomai naikinti. Kitas samario izotopas absorbuoja neutronus, todėl naudojamas branduoliniuose reaktoriuose. Samario junginiai naudojami kaip katalizatoriai, fosforai lazeriuose, kitam optiniam pritaikymui. Keramika ar stiklas su samariu labiau absorbuoja IR spinduliuotę.

Samaris nevaidina biologinio vaidmens, yra vidutiniškai nuodingas.

# 63. Europis (Eu)

63
Eu
151,964




**466 pav.** Europis

Europis – baltas metalas, mažiausio tankio, itin lakus ir pats minkščiausias lantanoidas. Jame įbrėžimus galima daryti nagu.

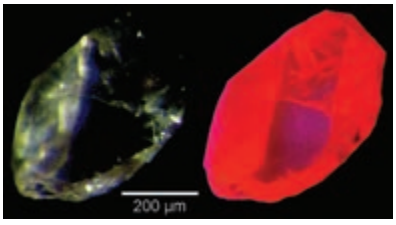
Elementas pavadintas Europos žemyno garbei, nes pirmą kartą išskirtas Europoje (Prancūzijos mokslininkų). 1901 m. europį atrado prancūzų chemikas Eugene-Anatole Demarcay'us (1852–1903). Kaip ir visų lantanoidų, europio atradimo istorija labai persipynusi su lantano, cerio ir neodimio atradimu. Didimyje buvo aptikta ir samario, ir gadolinio (1886 m.). Ten pat buvo rastas ir europis.

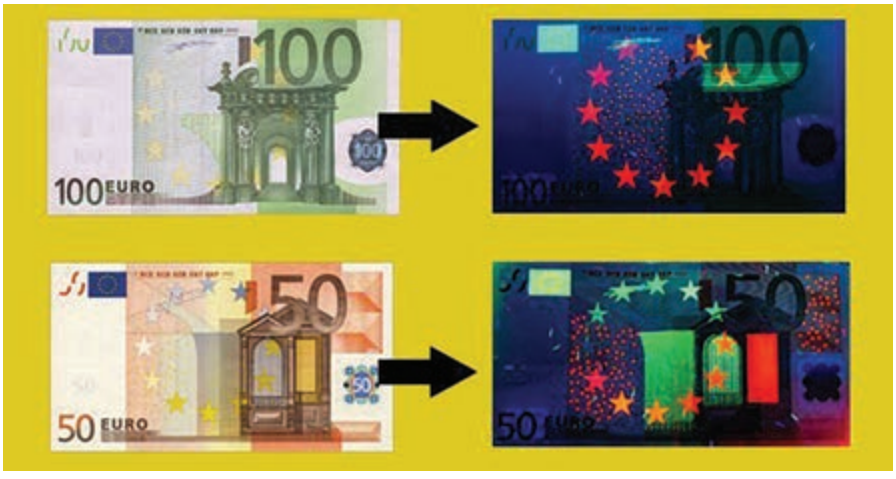
Europis yra rečiausiai Žemėje aptinkamas lantanoidas. Randamas tuose pačiuose monazito (lantanoidų fosfatų mišinys, $LnPO_4$), bastnazito ($Ln(CO_3)(F, OH)$) mineraluose bei ksenotime (oksidų mišinys) ir loparite (lantanoidų fosfatų mišinys). Nuo kitų retųjų žemių elementų europis atskiriamas jį redukuojant iki $Eu^{2+}$ ir nusodinant sulfato jonais.

Europio kietumas yra panašus į švino, t. y. metalas yra kalus. Tarp lantanoidų europis yra pats reaktingiausias. Norint apsaugoti nuo drėgmės ir oro deguonies poveikio, jį reikia laikyti inertinėje atmosferoje. Pagrindinė oksidacijos būsena

63
**Eu**
151,964

**467 pav.** Eugene-Anatole Demarcay'us ir Europa






**468 pav.** Europio ir jo junginių panaudojimas

junginiuose yra +3, nors gali būti ir +2. Greitai sąveikauja su vandeniu ir praskiestomis rūgštimis. Reaguoja su visais chalkogenais, halogenais, tačiau chalkogenuose europis dominuoja +2 oksidacinės būsenos:

$$Eu_2O_3 + 3H_2S \rightarrow 2EuS + 3H_2O + S.$$

Kai kurios europio cheminės savybės yra net panašios į kalcio.

Pagrindinis europio panaudojimas yra susijęs su jo junginių fosforescencija ar liuminescencija ($YVO_4$, legiruotas europiu; ir daug kitų raudonai šviečiančių fosforų). Europio (+3) druskoms yra būdinga rožinė spalva. Europio junginiai naudojami televizorių, kompiuterų monitoriuose, šviestukams (LED) gaminti, taip pat euro banknotuose – UV lempa apšviesti europio junginiai šviečia raudonai. Naudojamas branduolinėse jėgainėse, lazeriuose, superlaidžiuose metalų lydiniuose. Europis nevaidina biologinio vaidmens, nėra toksiškas.

64
Gd
157,25

# 64. Gadolinis (Gd)

**469 pav.** Gadolinis

Gadolinis – sidabriškai baltas, kalus, valkus, minkštas metalas, lantanoidas.

Gadolinį 1880 m. atrado šveicarų chemikas Jeanas Charlesas Gallisardas de Marignacas (1817–1894) gadolinite ($(Ce, La, Nd, Y)_2FeBe_2Si_2O_{10}$). Jame buvo aptikta gadolinio spektrinė linija. Suomių chemikas ir geologas Johanas Gadolinas gadolinite buvo radęs itrio oksidą, todėl jo garbei naujas elementas ir pavadintas gadoliniu.

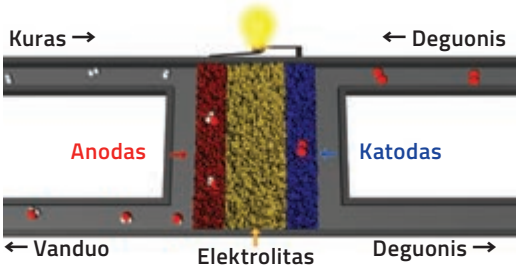
**470 pav.** Jeanas Charlesas Gallisardas de Marignacas

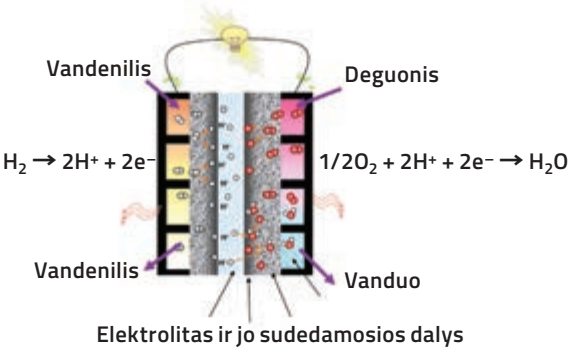
Grynas metalinis gadolinis išskirtas 1886 m. (Paulis Emile'is Lecoqas de Boisbaudranas). Daug gadolinio yra monazite ir bastnazite, iš kurių jis ir išgaunamas, o gadolinite jo tėra tik pėdsakai. Dar nemažai gadolinio yra lepersonite.

Labiausiai paramagnetinis metalas. Gadolinis taip pat reaguoja su oro deguonimi, vandeniu. Lengvai reaguoja su kitais elementais. Junginiuose yra +3 oksidacinės būsenos.

**471 pav.** $Gd_3Ga_5O_{12}$

Gadolinis neturi labai plataus vieno pritaikymo. Įvairūs gadolinio junginiai naudojami kaip fosforai. Pavyzdžiui, gadolinio galio granatas ($Gd_3Ga_5O_{12}$, GGG), legiruotas chromu, šviečia raudonai ir gali būti naudojamas žalialapių daržovių augimui pagreitinti. Radioaktyvusis gadolinio izotopas naudojamas radioterapijoje (neutronų rentgenografija) onkologinėms ligoms gydyti. Branduolinėse jėgainėse gadolinis naudojamas branduolinių reaktorių apsaugai

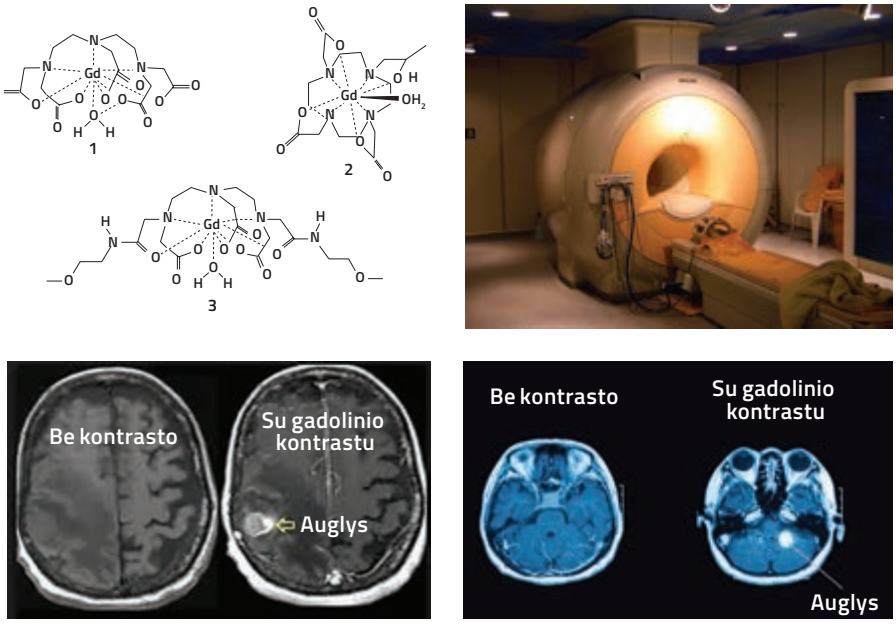




**472 pav.** Skirtingos konstrukcijos kuro elementai (SOFCs)

kaip antrinė avarinio uždarymo priemonė. Nedideli kiekiai metalurgijoje pagerina įvairių lydinių savybes. Gadoliniu legiruotas cerio oksidas naudojamas kaip elektrolitas kietuose oksidiniuose kuro elementuose (SOFCs). Kuro elementų veikimo principas labai panašus į įprastinių baterijų. Pagrindinis skirtumas tas, kad kuro elementai neišsieikvoja ir jų nereikia įkrauti. Jie gamina elektrą arba šilumą tada, kai jiems tiekiamas kuras. Vandenilio dujos konvertuojamos į $H^+$ ir $e_-$. Elektronai juda išorine grandine. $H^+$ eina pro membraną ir konvertuoja $H^+$, $O_2$ ir $e^-$ į vandenį.

Dėl išskirtinių paramagnetinių savybių įvairūs gadolinio junginiai naudojami kaip kontrastiniai reagentai medicininiuose BMR tyrimuose. Gadolinio kontrastinės medžiagos (kartais vadinamos magnetinio rezonanso tomografijos (MRT) vaizdinimo kontrastinėmis medžiagomis, agentais ar „dažikliais“) yra naudojamos magnetinio rezonanso tomografijoje. Į kūną įšvirkšta kontrastinė gadolinio terpė pagerina MRT vaizdų (ar paveikslėlių) kokybę. Tai leidžia gydytojui radiologui ištirti vaizdus ir pateikti rašytinę ataskaitą gydytojui specialistui, kaip veikia kūnas, ar nėra kokių nors ligų ar anomalijų. Kontrastinis reagentas pagerina




**473 pav.** Gadolinio kontrastiniai reagentai, tomografas ir MRT nuotraukos

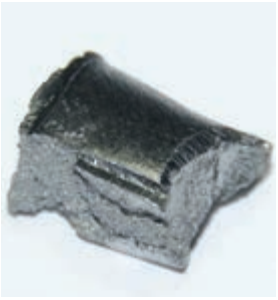
uždegimų, navikų, kraujagyslių, arterijų ir venų matomumą. Kaip kontrastiniai reagentai labai plačiai naudojami $Gd^{3+}$ kompleksiniai junginiai.

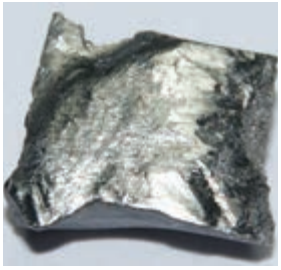
Vieni naudojami įvairioms kraujotakos anomalijoms smegenyse diagnozuoti, kiti – navikams nustatyti. Atliekant MRT tyrimą kontrastinė medžiaga dažniausiai įšvirkščiama į veną (gali būti ir geriamas reagentas) ir pašalinama iš organizmo per inkstus. Kai kuriems pacientams MRT kontrastinio reagento injekcijos metu atšąla ranka, pykina, jie net vemia, kitiems skauda galvą, labai retai reagentai sukelia alergiją. Apskritai toks gadolinio reagentų vartojimas yra gana saugus. Didesnė reagento dalis su šlapimu pasišalina per 24 valandas. Tačiau apie 1 % kontrastinio gadolinio reagentų gali likti kauluose, smegenyse ar kituose žmogaus kūno audiniuose.

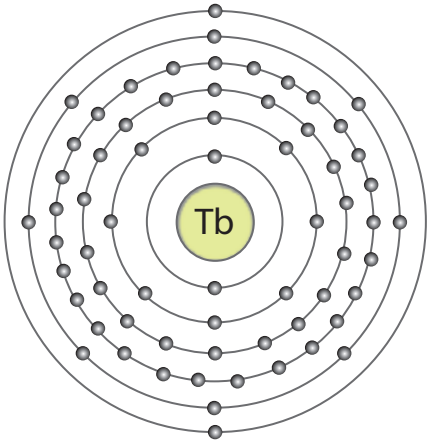
Gadolinis nevaidina biologinio vaidmens. Kadangi labai daug jo junginių naudojama medicinoje, toksinis poveikis yra intensyviai tiriamas.

65
Tb
158,925

# 65. Terbis (Tb)








**474 pav.** Terbis

Terbis – sidabriškai baltas, minkštas, kalus metalas, lantanoidas. Pavadintas pagal vietovę, kurioje buvo atrastas – kasyklą Iterbiu kaimelyje Švedijoje. Terbį 1843 m. itrio okside atrado švedų chemikas Carlas Gustafas Mosanderis. Tai tas pats mokslininkas, kuris cerio okside aptiko lantaną. Itris ir terbis pavadinti to paties miestelio garbei. Grynas metalas išgautas 1905 metais. Metalinis terbis niekada nebuvo rastas gamtoje, tik įvairiuose mineraluose – cerite, gadolinite, monazite, bastnazite, ksentime, euksenite. Mineralas, kuriame terbis dominuotų, dar neaptiktas. 2018 m. daug terbio turinčių mineralų aptikta Japonijoje, Minamitori saloje.

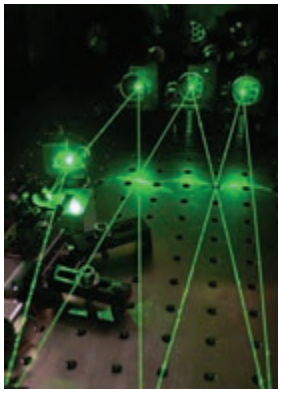
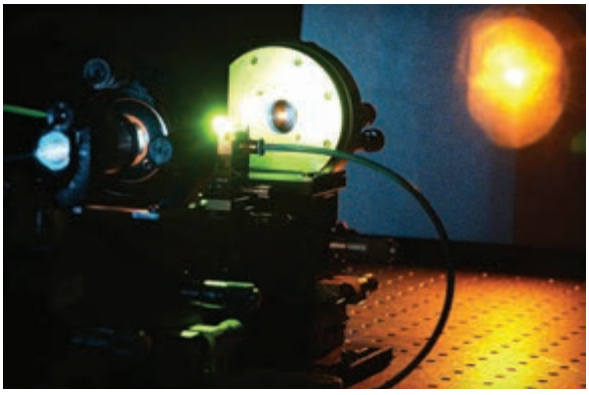
Reaguoja su vandeniu, tirpsta rūgštyse, oksiduojasi ore, nors ne taip aktyviai kaip ankstesni lantanoidai:

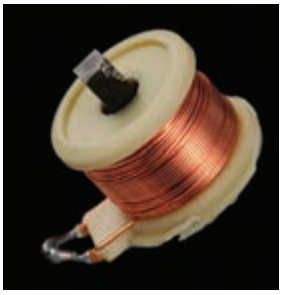
$$2Tb\,(s) + 6H_2O \rightarrow 2Tb(OH)_3 + 3H_2\uparrow.$$

Reaguodamas su deguonimi sudaro rudą mišrų oksidą, kuriame terbio oksidacijos laipsniai yra +3 ir +4:

$$8Tb + 7O_2 \rightarrow 2Tb_4O_7.$$

Daugiausia terbio, kaip aktyvatoriaus, sunaudojama gaminant žalią fosforą. Terbio oksido yra fluorescencinėse lempose, televizorių ir monitorių katodinių



**475 pav.** Terbio ir jo junginių panaudojimas

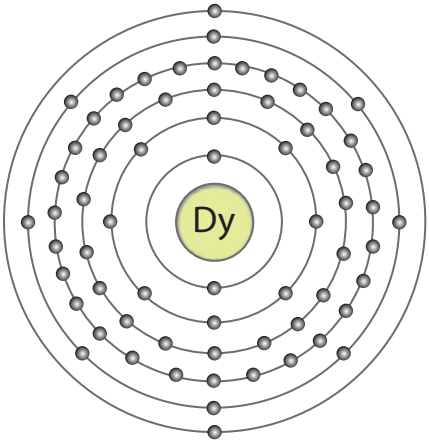
65
**Tb**
158,925

spindulių lempose. Naudojamas ir lazeriuose. Terbio žalią fosforą derinant su mėlynu ir raudonu fosforais gaunami našūs balti šviestukai. Nedideli terbio kiekiai naudojami lydiniuose. Terbio, disprozio ir geležies lydinys ($Tb_{0,3}Dy_{0,7}Fe_2$) yra magnetovarža, kuri ilgėja arba trumpėja keičiant magnetinio lauko dydį. Terbis yra naudojamas kietojo kūno standiesiems diskams gaminti.

Nevaidina biologinio vaidmens ir nėra toksiškas.

# 66. Disprozis (Dy)

66
Dy
162,500




**476 pav.** Disprozis

Disprozis – sidabriškai baltas, blizgus, vidutinio kietumo metalas, lantanoidas. Disprozį itrio okside 1886 m. atrado prancūzų mokslininkas Paulis Emile'is Lecoqas de Boisbaudranas Paryžiuje. Anksčiau tame pačiame minerale buvo aptikti erbis (1843 m.) ir holmis (1878 m.). 1878 m. erbio žemėse rastas ir tulis. Grynas metalas išskirtas tik 1950 m. Kanadoje. Šio elemento išskyrimo procesas iš randamų mineralų buvo itin sudėtingas ir varginantis, todėl jam buvo suteiktas atitinkamas pavadinimas: gr. *dysprositos* – neprieinamas, sunkiai išgaunamas.

Laisvas elementas gamtoje niekada nerastas, tik įvairiuose tuose pačiuose retųjų žemių mineraluose. Nuo mažiausio kiekio priemaišų disprozio fizikinės savybės labai pakinta.

Nestabilus ore, lengvai reaguoja su praskiestomis ir koncentruotomis neorganinėmis rūgštimis išsiskiriant vandeniliui. Jo oksidacijos laipsnis junginiuose visada yra +3.

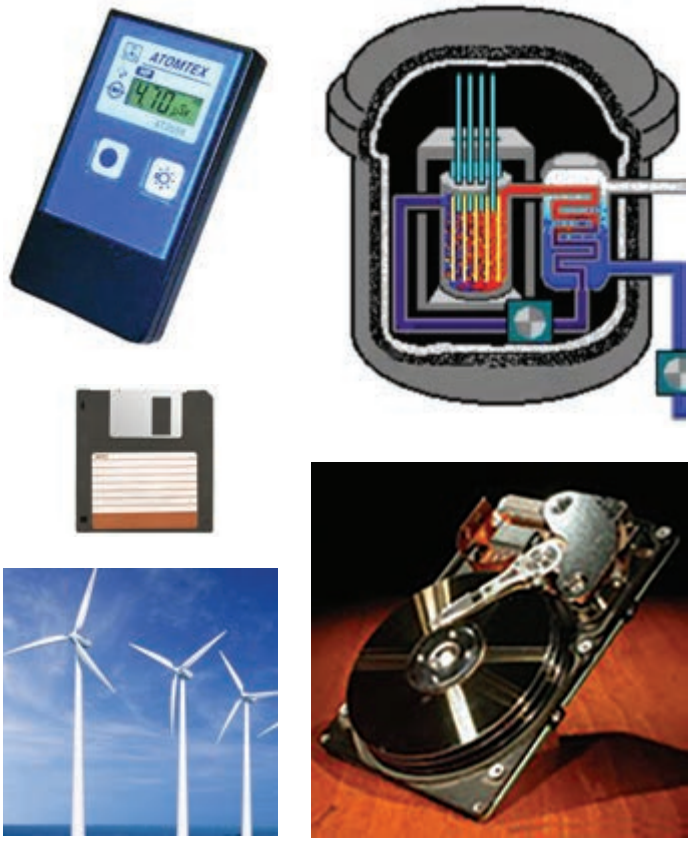
$$4Dy + 3O_2 \rightarrow 2Dy_2O_3,$$

66
Dy
162,500

$2Dy + 6H_2O \rightarrow 2Dy(OH)_3 + 3H_2$.

Dėl gebos absorbuoti neutronus disprozis naudojamas branduolinėse jėgainėse. Iš oksido ir nikelio kompozito gaminami branduolinių reaktorių kontroliniai strypai. Naudojamas jonizacinę radiaciją matuojančiuose dozimetruose. Dėl didelio magnetinio jautrio naudojamas duomenų laikymo įrenginiuose, vėjo jėgainių turbinose. Kartu su terbiu ir geležimi sudaro magnetovaržius lydinius. Disprozis naudojamas kaip aktyvatorius kai kuriuose fosforuose, lazerinėse technologijose.

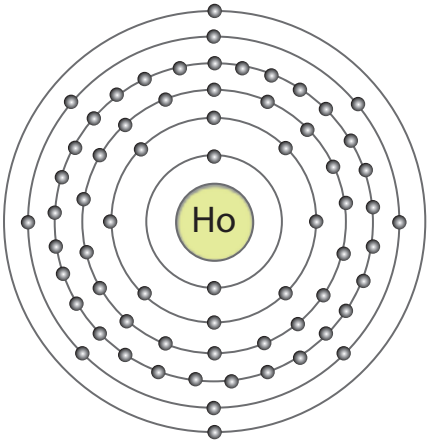
Nevaidina biologinio vaidmens ir mažai toksiškas.




**477 pav.** Disprozio ir jo junginių panaudojimas

# 67. Holmis (Ho)

67
Ho
164,930




**478 pav.** Holmis

Holmis – sidabriškai baltas, blizgus, minkštas metalas, lantanoidas. Holmį 1878 m. atrado šveicarų chemikai Jacques'as-Louis Soretas (1827–1890) ir Marcas Delafontaine'as (1837–1911) Ženevoje. Jie aptiko holmio spektrografinę juostą. Beveik tuo pačiu metu Upsaloje švedų chemikas Peris Teodoras Cleve'as (1840–1905), savarankiškai grynindamas erbio oksidą, aptiko dvi medžiagas: rudą pavadino holmija (holmio oksidas), o žalią – tulija (tulio oksidas).

Holmis pavadintas Stokholmo (lot. *Holmia* – Stokholmas), mokslininko Perio Teodoro Cleve'o gimtojo miesto, garbei. Holmis randamas tik mineraluose, daugiausia – monazite, gadolinite ir bastnezite. Tai retas lantanoidas.

Holmis pakankamai stabilus sausame ore, tačiau drėgname oksiduojasi ir reaguoja su vandeniu:

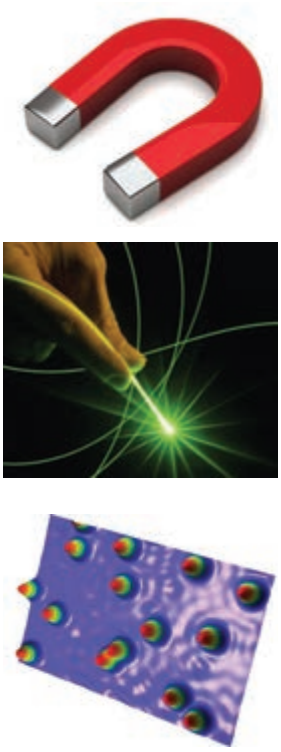
$$4Ho + 3O_2 \rightarrow 2Ho_2O_3.$$

Kaip ir dauguma lantanoidų gerai tirpsta rūgštyse. Junginiuose oksidacijos laipsnis yra +3.

**479 pav.** Jacques'as-Louis Soretas, Marcas Delafontaine'as ir Peris Teodoras Cleve'as

Panaudojamas kaip ir kiti lantanoidai: fosforuose, lazeriuose, magnetinėse medžiagose, branduoliniuose reaktoriuose. Iš visų elementų holmis pasižymi didžiausiu magnetiniu pralaidumu ir magnetiniu momentu, todėl yra naudojamas kaip stipriausių statinių magnetų atraminis elementas, pagrindas arba stipriausiam

**480 pav.** Holmio oksidas dienos ir dirbtinėje šviesoje

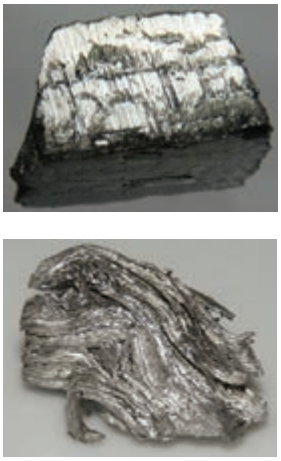


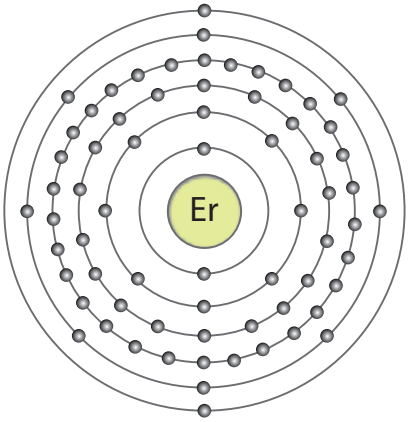
**481 pav.** Holmio ir jo junginių panaudojimas

dirbtiniam magnetiniam laukui sukurti. Dienos šviesoje holmio oksidas ($Ho_2O_3$) yra geltonas, tačiau trichromatinėje šviesoje tampa rožinis-oranžinis, labai panašus į erbio oksidą. Holmis nevaidina biologinio vaidmens, nėra toksiškas.

68
Er
167,259

# 68. Erbis (Er)






**482 pav.** Erbis

Erbis – sidabriškai baltas, minkštas, kalus metalas, lantanoidas. Erbį 1843 m. atrado švedų chemikas Carlas Gustafas Mosanderis. Gadolinite buvo rastas itrio oksidas, jame – terbis ir erbis, pastarajame vėliau buvo rastas iterbis, o dar vėliau – ir skandis, tulis, holmis, gadolinis. Atradimų istorija gana įdomi, bet ir painі. Kadangi elementas buvo rastas gadolinito minerale prie Iterbiu vietovės (Švedija), jis pavadintas jos vardo trumpiniu. Randamas tik mineraluose (monazite, bastnazite ir kituose) su kitais elementais. Grynas erbis izoliuotas tik 1943 m. (Wilhelmo Klemmo ir Heinricho Bommerio). Metalinis erbis gaunamas iš jo oksido ar kitų druskų kaitinant su kalciu 1450 °C temperatūroje argono atmosferoje.

Junginiuose erbiui yra būdingas +3 oksidacijos laipsnis. Junginiai yra rožinės spalvos. Erbio savybės taip pat labai priklauso nuo jame esančių priemaišų. Kaip ir dauguma lantanoidų, lėtai oksiduojasi ore, reaguoja su vandeniu, tirpsta neorganinėse rūgštyse:

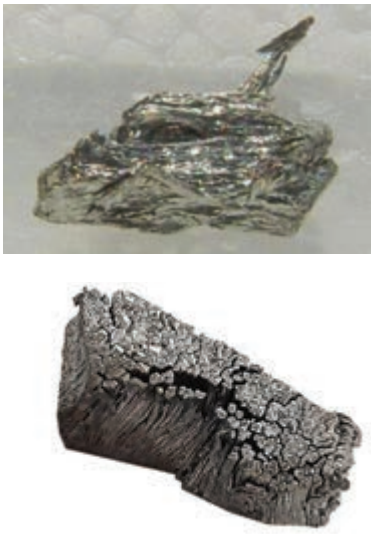
$$2Er + 3H_2SO_4 \rightarrow Er_2(SO_4)_3 + 3H_2.$$

**483 pav.** Erbio ir jo junginių panaudojimas

Panaudojamas lazeriuose, fosforuose. Erbiu legiruotas stiklas ar keramika naudojami optiniuose pluoštuose optiniam atsakui sustiprinti. Optiniai pluoštiniai lazeriai arba erbiu legiruoto granato (Er:YAG) lazeriai naudojami medicinoje (dermatologijoje, odontologijoje, chirurgijoje). Naudojamas branduolinėse jėgainėse, fotografijoje, akinių stiklams gaminti (IR spinduliuotės filtrai), metalurgijoje. Dėl rožinės spalvos kartais naudojamas kaip pigmentas. Kartais naudojamas pigesnei juvelyrikai gaminti. Erbis nevaidina biologinio vaidmens ir nėra nuodingas.

69
Tm
168,934

# 69. Tulis (Tm)




**484 pav.** Tulis

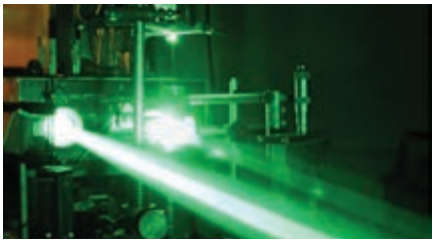
Tulis – sidabriškai baltas, blizgantis, nelabai kietas metalas, lantanoidas. Pradžioje tulio simbolis buvo Tu.

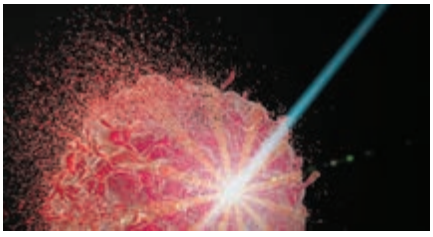
Tulį 1879 m. atrado švedų chemikas Peris Teodoras Cleve'as Upsalos universitete. Grynindamas erbio oksidą, jis išgavo rudą holmio oksidą ir žalią tulio oksidą. Tulio pavadinimas pasirinktas Tulės garbei – žemės, kuri buvo aprašyta dar romėnų laikais. Manoma, kad tai buvo mitinės Šiaurės šalys – Skandinavija ar Islandija (*Thule*). Po promečio tulis yra mažiausiai paplitęs Žemėje lantanoidas. Randamas monazite, gadolinite ir kituose mineraluose su kitais juginiais. Žemės plutoje tulio yra randama panašiai kaip stibio ar jodo. Tulio metalas gautas 1911 m.: amerikiečių chemikai Charlesas Jamesas ir Theodore'as Williamas Richardsas atliko 15 000 pakartotinių perkristalizavimo procedūrų ir gavo pakankamai gryną pavyzdį, iš kurio buvo galima nustatyti tulio atominę masę.

Ore tulis oksiduojasi ir papilkėja. Oksidacijos laipsnis junginiuose yra +3. Cheminės savybės panašios į daugumos lantanoidų.

**485 pav.** Tulė

Tulio junginiai naudojami kieto kūno lazeriuose (Ho, Cr, Tm:YAG). Šie lazeriai pasižymi dideliu efektyvumu ir naudojami medicinoje, meteorologijoje, karinėms reikmėms. Tulis nevaidina biologinio vaidmens ir nėra toksiškas.

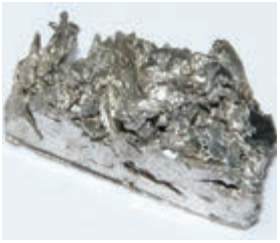


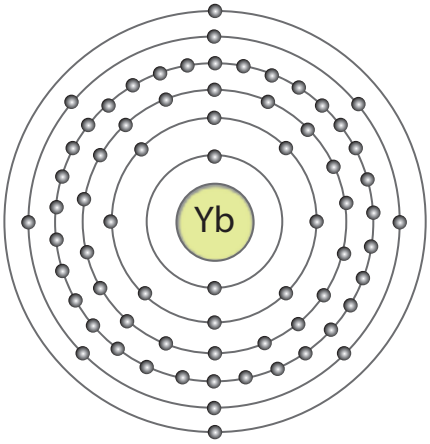


**486 pav.** Tulio ir jo junginių panaudojimas

70
Yb
173,055

# 70. Iterbis (Yb)



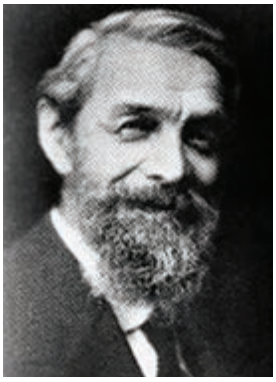



**487 pav.** Iterbis

Iterbis – sidabriškai baltas, blizgus, minkštas, kalus metalas, priešpaskutinis lantanoidas šių metalų eilėje.

Iterbį gadolinito minerale 1878 m. atrado šveicarų chemikas Jeanas Charlesas Galissardas de Marignacas Ženevos universitete. Elementas pavadintas pagal Iterbiu kasyklų vietovę Švedijoje, kur pirmąkart buvo iškastas mineralas, turintis šio elemento (kaip itrio, terbio ir erbio). Panašiu laikotarpiu iterbį savarankiškai aptiko prancūzų chemikas Georgesas Urbainas (1872–1938), austrų chemikas Carlas Aueris von Welsbachas (1858–1929) ir amerikiečių chemikas Charlesas Jamesas (1880–1928). Jie nustatė, kad Jeano Charleso Galissardo de Marignaco išskirtame iterbio okside dar yra ir liutecio oksido.

Randamas tuose pačiuose mineraluose (monazite, ksenotime, euksenite). Tai retas elementas, bet dažniau aptinkamas nei jo kaimynai tulis ir liutecis. Metalinis iterbis buvo gautas tik 1953 metais. Kaip ir visi lantanoidai, taip ir iterbis gryninamas, atskiriamas nuo kitų elementų jonų mainų chromatografijos metodu. Iterbiui



**488 pav.** Georgesas Urbainas, Carlas Aueris von Welsbachas ir Charlesas Jamesas

būdingas labai siauras intervalas tarp lydymosi ir virimo temperatūrų ($t_{lyd.}$ = 824 °C, o $t_{vir}$ = 1 196 °C). Iterbio skystos fazės temperatūrinis intervalas yra pats trumpiausias tarp visų metalų. Iterbis yra lakiausias lantanoidas, pasižymintis mažiausiu magnetiniu jautriu.

**489 pav.** Iterbio ir jo junginių panaudojimas

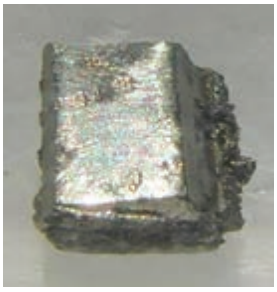
70
**Yb**
173,055

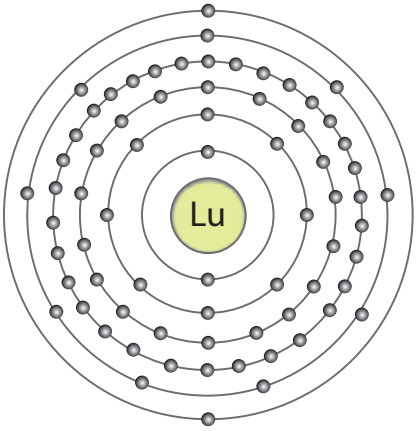
Iterbio oksidacijos laipsnis junginiuose yra +3, nors, kaip ir europiui, būdingas ir +2. Cheminės savybės panašios į daugumos lantanoidų. Ore lėtai oksiduojasi iki $Yb_2O_3$.

Šiuo metu iterbis naudojamas nerūdijančiam plienui legiruoti, fosforuose, Yb:YAG lazeriuose, atminties įrenginiuose, optiniuose lęšiuose, slėgio jutikliuose, katalizės procesuose ir kaip gama spinduliuotės šaltinis. Nevaidina biologinio vaidmens. Vidutiniškai nuodingas elementas.

# 71. Lutecis (Lu)

71
Lu
174,967






**490 pav.** Lutecis

Lutecis – sidabriškai baltas, vidutiniškai kietas, sausame ore atsparus korozijai metalas, paskutinis lantanoidas.

Lutecį 1907 m. atrado Georgesas Urbainas, Carlas Aueris von Welsbachas ir Charlesas Jamesas. Prancūzas Georgesas Urbainas jį pavadino lotynišku Paryžiaus vardu – *Lutetia*. Austras Carlas Aueris von Welsbachas elementą pavadino kasiopėjumi (mitinės Etiopijos karalienės Kasiopėjos garbei), ir šis pavadinimas ilgą laiką buvo priimtinas vokiškai kalbančiose šalyse, tačiau IUPAC komisija oficialiai patvirtino tik pirmąjį variantą. Lutecis randamas monazite ir panašiuose mineraluose.

Gavimas yra panašus kaip ir kitų lantanoidų. Galutinėje stadijoje lutecio chloridas veikiamas kalciu aukštoje temperatūroje:

$$2LuCl_3 + 3Ca \rightarrow 2Lu + 3CaCl_2.$$

Metalinis lutecis išgautas 1953 m., tačiau gavybos procesas labai sudėtingas. Tai pats tankiausias ir kiečiausias metalas iš visų lantanoidų. Jo lydymosi

71
Lu
174,967

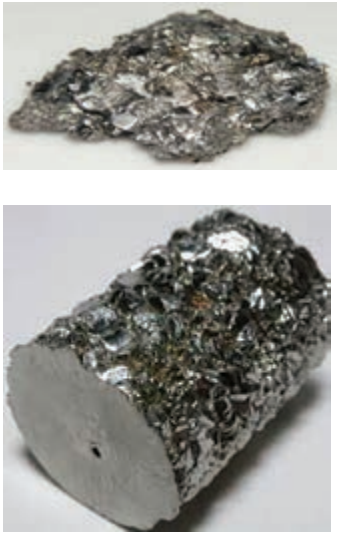
temperatūra taip pat aukščiausia. Lutecio cheminės savybės panašios į kitų lantanoidų. Tirpsta neorganinėse rūgštyse:

$$2Lu + 3H_2SO_4 \rightarrow Lu_2(SO_4)_3 + 3H_2\uparrow.$$

Vienas lutecio radioaktyviųjų izotopų naudojamas mineralų ir meteoritų amžiui nustatyti, radiacinėje medicinoje. Retai naudojamas lydiniuose, katalizės procesuose. Lutecis nevaidina biologinio vaidmens, nėra toksiškas.

# 72. Hafnis (Hf)

72
Hf
178,49




**491 pav.** Hafnis

Hafnis – sidabriškai baltas, blizgus, atsparus korozijai metalas. Hafnį 1923 m. atrado olandų fizikas Dirkas Costeris (1889–1950) ir vengrų bei švedų chemikas Georgas Charlesas von Hevesy (1885–1966) Kopenhagoje. Taigi tais metais buvo atrastas priešpaskutinis stabilus elementas. Paskutinis – 1925 m. atrastas renis. Vėliau atrasti elementai visi buvo radioaktyvūs. Dar 1911 m. apie hafnio atradimą tarp lantanoidų paskelbė Georgesas Urbainas – atrastą elementą jis pavadino keltijumi (pranc. *celtium*, keltų genčių garbei). Nors šis atradimas nebuvo patvirtintas, prancūzų mokslininkai iki 1949 m. elementą tebevadino keltijumi.

Hafnis pavadintas pagal Kopenhagos lotynišką pavadinimą – *Hafnia*. Tokiu sprendimu šio elemento atradėjai pagerbė Nielsą Bohrą, gimusį Kopenhagoje, kuris kartu su Charlesu R. Bury numatė šio elemento egzistavimą. Jie teigė, kad tas elementas turi būti labiau panašus į cirkonį, o ne į lantanoidus. Nuo cirkonio hafnis buvo atskirtas per pakartotines kristalizacijas. Gryną metalinį hafnį pirmą

72
**Hf**
178,49

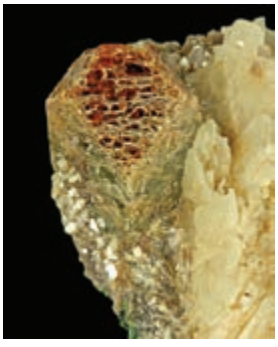
**492 pav.** Dirkas Costeris ir Georgas Charlesas von Hevesy

kartą gavo olandai Antonas Eduardas van Arkelis ir Janas Hendrikas de Boeris jau 1924 metais. Paskutiniame gavybos etape vykdoma ši reakcija:

**$HfCl_4 + 2Mg\ (1\ 100\ °C) \rightarrow 2MgCl_2 + Hf.$**

Kai kuriais cirkonio panaudojimo atvejais iki 1 % hafnio priemaišų netrukdo, todėl ir gryninti nebereikia. Hafnis randamas tik junginiuose su kitais elementais. Daugiausia jo yra kartu su cirkoniu cirkono minerale ($ZrSiO_4$) ar badeleite ($ZrO_2$). Yra žinomas mineralas hafnonas, kuriame yra cirkonio ir hafnio silikatų kietųjų tirpalų ($(Hf, Zr)SiO_4$) arba $(Hf, Zr, Th, U, Y)SiO_4$).

Hafnio fizikinės savybės panašios į cirkonio, tik hafnis beveik dvigubai tankesnis. Cheminiuose junginiuose hafniui yra būdingas +4 oksidacijos laipsnis. Jo cheminės

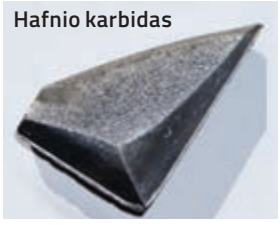


**493 pav.** Hafnonas

savybės beveik identiškos cirkonio savybėms. Jie beveik kaip dvyniai. Tokių dviejų elementų su tokiomis panašiomis cheminėmis savybėmis daugiau nėra. Pakaitinti hafnio milteliai užsiliepsnoja. Hafnis labiau reaktingas aukštesnėje temperatūroje.

Hafnis naudojamas kaitinimo siūleliams lempose, elektrodams kondensatoriuose gaminti. Hafnio oksidas ($HfO_2$) naudojamas puslaidininkinėje pramonėje. Su niobiu, titanu ir volframu sudaro superlydinius. Lydinys su geležimi tampa atsparesnis korozijai. Tokie lydiniai naudojami aeronautikoje, raketų varikliams gaminti. Daugiausia naudojamas neutronams absorbuoti branduoliniuose reaktoriuose ir povandeniniuose laivuose, kuriuose yra branduolinės raketos. Cirkonis, priešingai, neutronus absorbuoja labai prastai. Kaip ir lutecis, hafnio izotopas gali būti naudojamas mineralų ir meteoritų amžiui nustatyti. Išmatavus hafnio-176 ir hafnio-177 izotopų santykį seniausioje uolienoje, nustatyta, kad Žemės pluta susiformavo prieš 4,5 bilijonų metų. Hafnio karbidas ($HfC_2$) pasižymi aukščiausia lydymosi temperatūra tarp binarių junginių. Naudojamas aukštatemperatūrėse krosnyse. Trinaris lydinys ($Ta_4HfC_5$) lydosi net 4 215 °C temperatūroje.

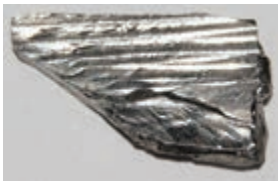
Hafnis nevaidina biologinio vaidmens ir nėra toksiškas.

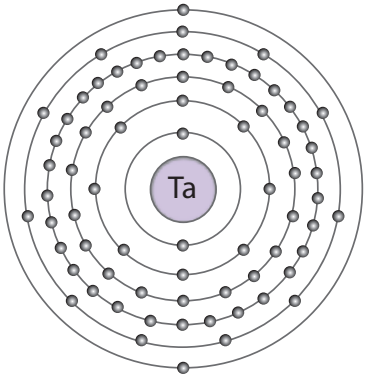



**494 pav.** Hafnio panaudojimas

73
Ta
180,948

# 73. Tantalas (Ta)






**495 pav.** Tantalas

Tantalas – blizgus, pilkai melsvas, labai kietas, lankstus (panašus į platiną), labai atsparus korozijai retas metalas.

Tantalą 1802 m. dviejuose mineraluose atrado Švedijos chemikas Andersas Gustafas Ekebergas (1767–1813). Dėl sudėtingo gavimo jis pavadintas senovės graikų mitologijos piktadario Tantalo (Tantalus), deivės Niobės tėvo, Dzeuso sūnaus, vardu. Ilgą laiką buvo manyta, kad elementas kolumbis (dabar niobis) ir tantalas yra vienas ir tas pats cheminis elementas.

**496 pav.** Andersas Gustafas Ekebergas ir Tantalas

**497 pav.** Tantalitas ir koltanas

Tantalas beveik visada randamas kartu su niobiu tantalito ($FeTa_2O_6$), pirochloro, kolumbito ($FeNb_2O_6$), koltano (tantalito ir kolumbito skirtingų santykių mišinys), euksenito mineraluose. Pakankamai retas elementas. Jo paplitimas gamtoje maždaug kaip urano. Išgaunamas Australijoje, Brazilijoje ir Kanadoje. Pirmą kartą metalinis tantalas buvo išskirtas 1864 metais. Daugiausia jo pagaminama Afrikos valstybėse, Brazilijoje, Kanadoje ir Australijoje. Paskutiniame sintezės procese vyksta ši reakcija:

$$K_2[TaF_7] + 5Na \rightarrow Ta + 5NaF + 2KF.$$

Arba gali būti vykdoma tantalo druskų lydalų elektrolizė.

Tantalas yra geras elektros ir šilumos laidininkas. Pasižymi aukšta lydymosi temperatūra (3 017 °C). Lengvai apdirbamas mechaniškai. Žemesnėje nei 150 °C temperatūroje beveik su niekuo nereaguoja, netirpsta net „karališkajame vandenyje“. Aukštesnėje temperatūroje tantalas tampa labiau reaktingas. Cheminės savybės yra panašios į niobio. Pagrindinė tantalo oksidacinė būsena junginiuose yra +5.

Iš pradžių tantalas buvo naudojamas kaitinamųjų lempų siūlų gamybai, bet netrukus buvo pakeistas volframu. Tantalas yra labai svarbus technologinis elementas. Nedideli jo kiekiai naudojami įvairiuose lydiniuose. Lydiniai su didesniu tantalo kiekiu tampa labai trapūs. Dėl cheminio inertiškumo naudojamas laboratoriniams indams gaminti (vietoj platininių). Plonais tantalo lapais padengiami prietaisai, kuriuos veikia įvairios chemiškai agresyvios medžiagos. Tantalo junginiai naudojami kondensatoriams, didelės galios rezistoriams, naudojamiems įvairiuose elektronikos prietaisuose (mobilieji telefonai, DVD grotuvai, vaizdo

**498 pav.** Tantalo kaitinamųjų lempų siūleliai, lydiniai ir cheminiai indai

žaidimų sistemos, kompiuteriai, dūmų detektoriai, fotoaparatai, automobilių elektronika), gaminti.

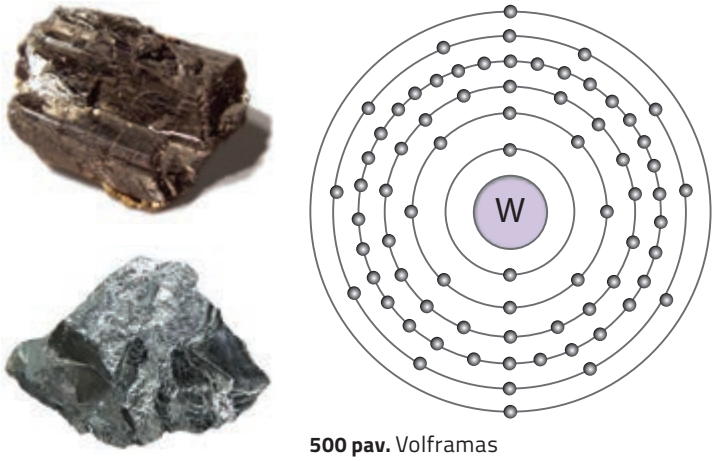
Tantalo karbidas (TaC), viena iš kiečiausių pagaminamų medžiagų (kietumas beveik kaip deimanto), naudojamas greitai pjaustančių instrumentų gamybai, aviacinėje pramonėje. Iš tantalo gaminamos medicininės siūlių sutvirtinimo priemonės – chirurginiai segtukai ir kabliukai, protezų gamyboje – kaulus sutvirtinančios vinys, varžtai, plokštelės, naudojamas vidinėms žaizdoms susiūti (trūkusiems nervams ir pan.). Kadangi tantalas yra nemagnetinis ir bioinertinis metalas, gali būti naudojamas ortopediniams implantams gaminti. Tokius implantus turinčius pacientus galima tirti magnetinio rezonanso prietaisais. Retkarčiais pasitaiko fibrozinė audinių reakcija (skaidulinio audinio uždegimas) į tantalo implantus. Iš tantalo gaminamos vakuuminių kaitinimo krosnių dalys. Kai kurie fluoro bei tantalo junginiai nepakeičiami sintetinio kaučiuko gamyboje, o tantalo oksidas – neatskiriamas optinio stiklo gamybos komponentas. Tantalas naudojamas branduoliniuose reaktoriuose, aviacijoje, turbinų menčių, raketų dalių, kamerų lęšių gamyboje, naktinio matymo įrangoje.

**499 pav.** Tantalo ir tantalo karbido panaudojimas elektronikoje ir medicinoje

Metalas pasižymi biosuderinamumu ir nėra nuodingas. Tantalo junginių toksiškumas nėra gerai ištirtas. Žmonių, dirbančių su tantalu bei jo junginiais, susirgimai literatūroje neaprašyti.

74
W
183,85

# 74. Volframas (W)




**500 pav.** Volframas

Volframas – baltos arba sidabrinės spalvos, blizgus, kietas, sunkiai apdirbamas, labai atsparus korozijai, vienas iš sunkiausių metalų.

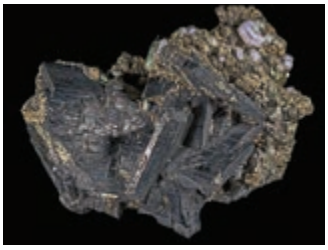
1781 m. volframą atrado Carlas Wilhelmas Scheelė̃. Metalas izoliuotas jau 1783 m. (brolių ispanų José (1754–1804) ir Fausto (1755–1833) Elhuyarų). Rūdų kalnų (Erzgebirge) kalnakasiai ilgą laiką nesuprato, koks metalas sumažina alavo išgavimo išeigą, t. y. jį „suėda tarsi vilkas aviną“. Taip iš pradinio pavadinimo *Wolfschaum* (vok. *Wolf* – vilkas + *schaum* – puta) susiformavo *Wolfrahm*, o vėliau ir *Wolfram* (vok. *Rahm* – ne „avinas“, bet „nešvarumas, purvas, rūdys“). Šis pavadinimas yra siejamas ir su mineralo volframito pavadinimu. Angliškai ir prancūziškai šis elementas vadinamas *tungsten* (švedų k. *tung sten* – sunkus akmuo).

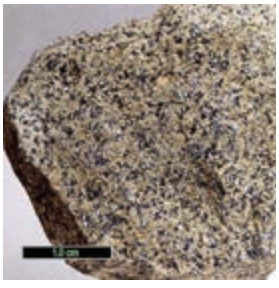
Tai retas elementas. Žemės plutoje beveik visada randamas tik mišiniuose su kitais elementais – volframito ($(Fe, Mn)WO_4$), šelito ($CaWO_4$), ferberito ($FeWO_4$), hiubnerito ($MnWO_4$), stolzito ($PbWO_4$), tangstenito ($WS_2$) ir kitose rūdose. Daugiausia volframo randama ir pagaminama Kinijoje.

Volframo gavybos galutinis produktas yra volframo oksidas ($WO_3$). Jį kaitinant su vandeniliu ar anglimi gaunamas metalinis volframas.

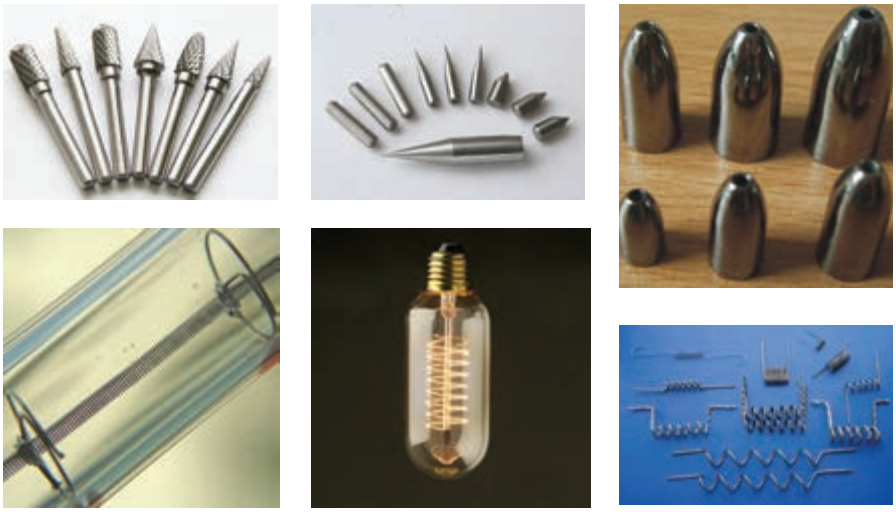
**501 pav.** José ir Fausto Elhuyarai

Volframas pasižymi aukščiausia lydymosi (3 422 °C) ir virimo temperatūra (5 930 °C). Jam būdingas pats mažiausias šiluminis plėtimosi koeficientas. Rūgštys ir šarmai volframo beveik netirpina. Tirpsta tik azoto ir vandenilio fluorido rūgščių mišinyje. Atsparus deguonies poveikiui. Pagrindinė oksidacinė būsena junginiuose yra +6. Cheminės savybės yra panašios į molibdeno.



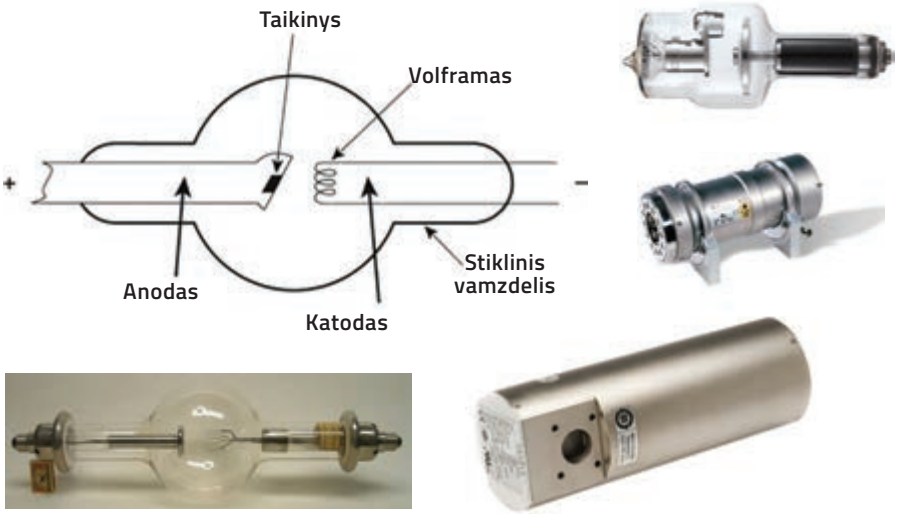


**502 pav.** Volframitas, šelitas, ferberitas, hiubneritas, stolzitas ir tangstenitas



**503 pav.** Volframas ir jo lydiniai

Volframas dažnai naudojamas lydiniams gaminti. Iš jų gaminami kaitinamųjų lempų siūleliai, spiralės, rentgeno spindulių vamzdelių taikiniai, aukštos įtampos lygintuvai. Volframas naudojamas atliekant aukštatemperatūrius suvirinimo



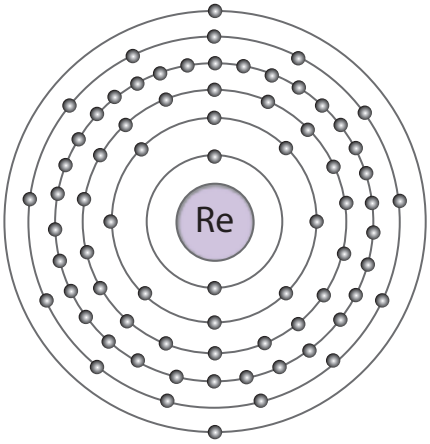

**504 pav.** Volframo panaudojimas rentgeno spindulių vamzdeliuose

darbus. Atsparumas aukštoms temperatūroms, tvirtumas, lydinių stiprinimas – savybės, dėl kurių volframas naudojamas karo pramonėje. Volframo junginiai dažnai naudojami kaip katalizatoriai pramoniniuose procesuose. Volframo karbidas (WC) naudojamas plienui pjaustyti. Volframo bronzos ir kiti junginiai naudojami kaip pigmentai.

Volframo tankis panašus į aukso, todėl kartais jis naudojamas juvelyriniams dirbiniams gaminti (aukso ir platinos pakaitalai). Volframas atlieka biologinį vaidmenį. Didesni jo kiekiai sutrikdo molibdeno ir vario metabolizmą. Vidutiniškai nuodingas metalas. Naudojant volframą pramonėje, susidaro nemažos šio metalo dulkių koncentracijos ore, galinčios paveikti darbininkų kvėpavimo organus. Ilgai dirbant tokiomis sąlygomis išsivysto difuzinė plaučių sklerozė.

75
Re
186,207

# 75. Renis (Re)




**505 pav.** Renis

Renis – sidabriškai baltas, atsparus korozijai retas metalas. Atrastas 1908 metais. Tai paskutinis atrastas stabilus, neradioaktyvus natūraliai randamas elementas.

**506 pav.** Masataka Ogawa

1905 m. japonų chemikas Masataka Ogawa (1865–1930) mineralo torianito atominiame spektre aptiko dvi naujas spektrines linijas ir klaidingai jas priskyrė tada dar neatrastam techneciui (Nr. 43). Naują elementą jis pavadino niponiu (Np) (*Nippon* – japoniškai Japonija). Vėlesni spektrų tyrimai leido padaryti išvadą, kad tos linijos priklausė reniui (Nr. 75). Simbolis Np suteiktas kitam elementui – neptūniui. Vėliau Japonijos garbei 113 elementas pavadintas *nihonium* (Nh). Pirmą kartą metalinis renis buvo gautas 1925 m. – tą padarė Berlyne dirbantys vokiečių chemikai Walteris Noddackas, Ida Tacke ir Otto Bergas

(jie atrado ir technecį). Renį jie išskyrė iš gadolinito, molibdenito ir kolumbito (iš 660 kg molibdenito buvo gautas 1 g renio) mineralų. Pavadintas pagal lotynišką Reino upės pavadinimą (*Rhenium*). Pagal brangumą renis yra 6-asis metalas. Randamas dažniausiai molibdeno ir vario rūdose (molibdenite, gadolinite, kolumbite ir kt.). Metalinio renio gamtoje nerasta. Pramonėje paskutinė renio gavybos stadija yra perrenato redukcija vandeniliu:

$$2NH_4ReO_4 + 7H_2 \rightarrow 2Re + 8H_2O + 2NH_3.$$

Renis yra vienas tankiausių metalų (po platinos, iridžio ir osmio), pasižymintis labai aukšta lydymosi temperatūra (3 180 °C; po volframo ir anglies). Virimo temperatūra lygi 5 630 °C.

**507 pav.** Renio ir jo junginių panaudojimas

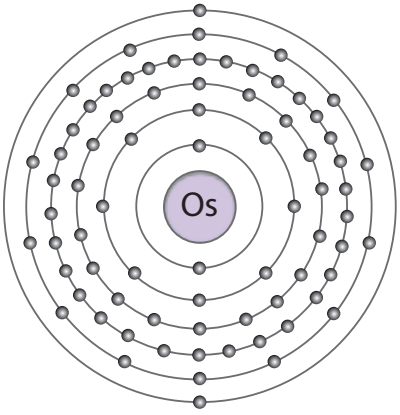
75
**Re**
186,207

Renio cheminės savybės panašios į mangano ir technecio. Kaip ir manganui, reniui būdingi labai įvairūs oksidacijos laipsniai. Kambario temperatūroje renis nereaguoja su šarmais, sieros, druskos ir praskiesta azoto rūgštimis. Jo netirpina „karališkasis vanduo“ (*aqua regia*).

Renis naudojamas kai kuriuose aukštatemperatūriuose lydiniuose. Lydinys su nikeliu naudojamas lėktuvų reaktyviniams varikliams, aukšto slėgio turbinų mentėms, kuro degimo purkštukams gaminti. Iš renio gaminami kaitinamųjų lempų siūleliai, spiralės, termoporos (temperatūrą matuoja iki 2 200 °C), elektriniai kontaktai. Renio ir molibdeno lydinys 10 K temperatūroje yra superlaidus. Renis pagerina volframo savybes. Iš renio gaminamos plunksnakočių plunksnos. Renio junginiai yra puikūs organinių reakcijų katalizatoriai, atsparūs katalizatorių nuodams (sierą ir fosforą turintiems junginiams). Ypač efektyvūs yra platinos-renio katalizatoriai. Renis nevaidina biologinio vaidmens. Mažai žinoma apie jo toksiškumą.

# 76. Osmis (Os)

76
Os
190,23



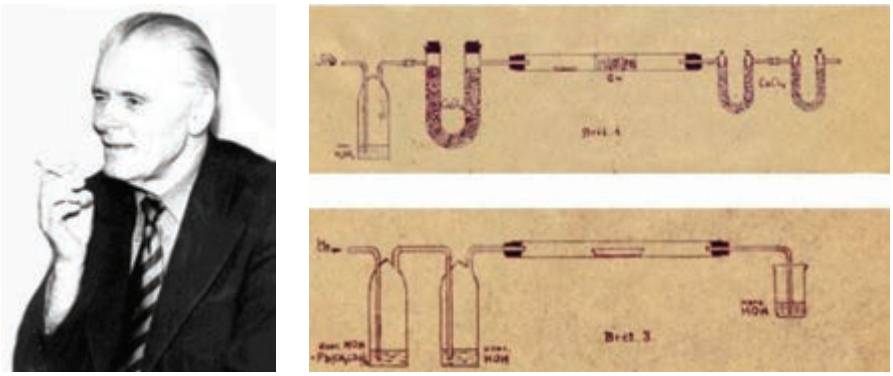

**508 pav.** Osmis

Osmis – sidabriškai blizgus, melsvo atspalvio, kietas, tankiausias iš visų žinomų natūraliai randamų elementų, labai retas platinos grupės metalas.

Osmį, kaip priemaišą platinoje, 1803 m. atrado anglų mokslininkas Smithsonas Tennantas (1761–1815). Elementas pavadintas pagal osmio tetraoksidą, kuris pasižymi ypatingu kvapu (gr. *osme* – kvapas). Pagal brangumą osmis yra 8-asis metalas.

**509 pav.** Smithsonas Tennantas

1936 m. prof. K. Daukšas Vytauto Didžiojo universiteto Matematikos-gamtos fakultete apgynė disertaciją „Šarminių metalų osmatai“ daktaro laipsniui gauti. Tai pirmasis neorganinės chemijos krypties mokslinis traktatas Lietuvoje. Tuo metu literatūroje beveik nebuvo duomenų apie osmio deguoninius junginius (išskyrus binarius oksidus), todėl pasirinktoji tematika buvo labai aktuali. Apie tai K. Daukšas rašė labai lakoniškai: „osmio junginiai turi būti nepaprastai įvairūs, skaitlingi ir verti chemiko dėmesio“; „osmio junginių tyrimas



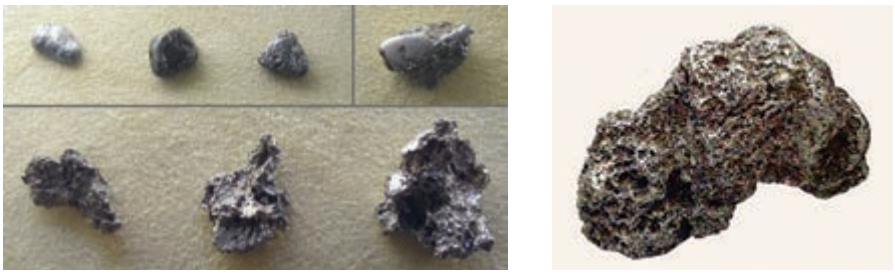
**510 pav.** Prof. K. Daukšas ir jo daktaro disertacijos brėžiniai

yra žymiai atsilikęs“; „paskelbtieji neskaitlingi darbai yra daugiausia pripuolami, todėl neapima kurio nors vieno junginių tipo, o tik paliečia atskirus individus, neiškeldami bendrų vienos rūšies junginių fizinių ir cheminių savybių“.

Dažniausiai osmis randamas platinos rūdose osmio-iridžio lydinių pavidalo, taip pat aptinkamas vario ir nikelio rūdose.

Osmio atskyrimas nuo kitų platinos grupės elementų yra pagrįstas jo netirpumu „karališkajame vandenyje“. Osmio tankis yra 22,59 g/cm$^3$. Jis beveik dvigubai tankesnis už švinį ir šiek tiek tankesnis už iridį (22,56 g/cm$^3$). Išlieka blizgus net aukštesnėje temperatūroje. Lydymosi temperatūra mažesnė tik už anglies, volframo ir renio.

Osmis gali būti kelių oksidacijos laipsnių (+2, +3, +4 ir +8), nors pats dažniausias yra +8 ($OsO_4$). Šis osmio oksidas yra lakus ir labai toksiškas. Osmis netirpsta

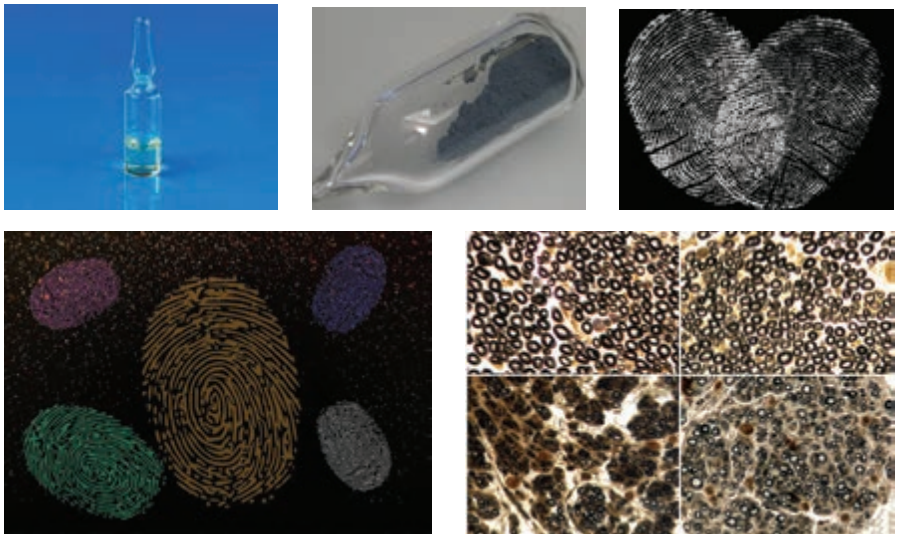


**511 pav.** Platina, kurioje yra osmio ir kitų platinos grupės metalų

**512 pav.** Osmio panaudojimas

rūgštyse, bet reaguoja su šarmais lydiniuose. Neatsparus deguonies poveikiui – susidaro nemalonaus kvapo nuodingas osmio tetraoksidas.

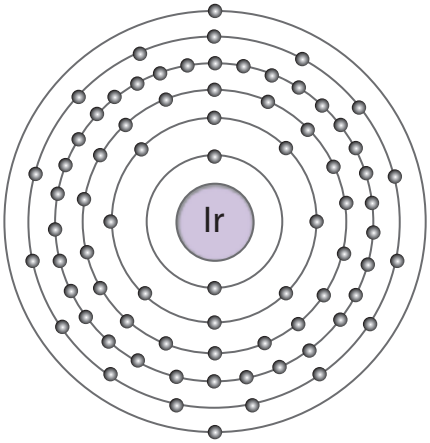
Osmis naudojamas lydiniuose su platina, iridžiu ir kitais platinos grupės metalais, iš kurių gaminami plunksnų antgaliai, fonografų adatos, įvairių prietaisų ašys, elektriniai kontaktai ir kiti gaminiai, kurie turi būti ypač patvarūs ir kieti. Osmio junginiai naudojami kaip katalizatoriai. $OsO_4$ buvo naudojamas pirštų atspaudams: analizuojant riebalinį audinį optiniais ar elektroniniais mikroskopais, padidina kontrastą. Osmis nevaidina biologinio vaidmens. Metalas nėra toksiškas, tik jo oksidas.



**513 pav.** Osmio junginiai ir jų panaudojimas

77
**Ir**
192,22

# 77. Iridis (Ir)




**514 pav.** Iridis

Iridis – sidabriškai baltas, blizgus, labai kietas, atsparus korozijai, retas platinos grupės metalas.

Iridį 1803 m. atrado anglų chemikas Smithsonas Tennantas platinos rūdoje. Daugelis iridžio junginių yra įvairiaspalviai, margi, todėl elementas atitinkamai ir pavadintas (gr. *iridius* – margas kaip vaivorykštė). Graikų deivė Iridė (Iris) yra vaivorykštės personifikacija.

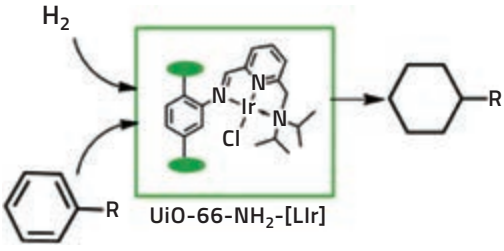
Iridis yra 5-asis pagal brangumą metalas ir vienas rečiausių Žemės plutos elementų (panašiai kaip telūras). Platina 10 kartų labiau paplitusi už iridį, auksas – 40 kartų, o sidabras ir gyvsidabris – apie 80 kartų. Randamas įvairiuose lydiniuose su kitais platinos grupės metalais, platinos, nikelio, vario mineraluose. Pramoniniu būdu gaunamas kaip nikelio ir vario kasybos bei perdirbimo šalutinis produktas.

Po osmio iridis yra antras tankiausias metalas (22,56 g/cm$^3$). Korozijai atsparus net 2 000 °C temperatūroje. Pagrindiniai junginiai yra iridžio chloridai. Iridis

**515 pav.** Graikų deivė Iridė

netirpsta rūgštyse, „karališkajame vandenyje“ ir kai kuriuose lydaluose. Aukštoje temperatūroje tirpina cianidų lydalai ir halogenai. Reaguodamas su siera sudaro $IrS_2$.

Iridis naudojamas gaminant įrenginius, labai atsparius korozijai aukštoje temperatūroje (uždegimo žvakės, cheminiai tigliai pavieniams kristalams auginti, elektrodai chloridų turintiems lydalams elektrolizuoti). Iridžio junginiai naudojami kaip katalizatoriai. Iridžio izotopai naudojami kai kuriuose termoelektriniuose generatoriuose. Daug kur naudojami osmio-iridžio, iridžio-platinos,




**516 pav.** Iridžio ir jo junginių panaudojimas

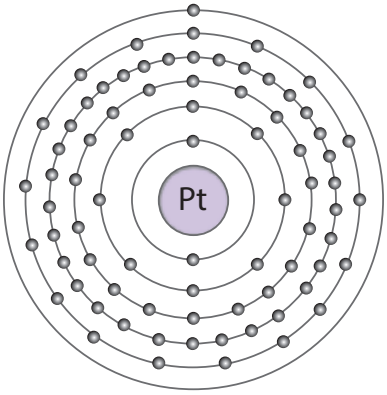
iridžio-titano lydiniai. 1889 m. 90 % platinos ir 10 % iridžio lydinys buvo panaudotas konstruojant tarptautinius metro ir kilogramo standartus, esančius Standartų biure prie Paryžiaus. Metro standarto juosta, kaip pagrindinio ilgio vieneto apibrėžimas, 1960 m. buvo pakeista kriptono linija atominiame spektre. Tačiau kilogramo prototipas išliko tarptautiniu masės standartu net iki 2019 m., kai kilogramas buvo iš naujo apibrėžtas pagal Plancko konstantą. Labai prabangus porcelianas kartais buvo dažomas juodais iridžio pigmentais.

Iridis nevaidina biologinio vaidmens ir nėra labai nuodingas.

**517 pav.** Metro ir kilogramo standartai

# 78. Platina (Pt)

78
Pt
195,08




**518 pav.** Platina

Platina – sidabriškai baltas, tankus, kalus, retas, labai inertiškas, atsparus korozijai platinos grupės metalas. Platina yra labai vertingas taurusis metalas.

Apie platiną buvo žinoma senovės Egipte ir kitose šalyse. Centrinės Amerikos indėnai naudojo platinos ir aukso lydinį. Kad platina yra naujas elementas, 1744 m. paskelbė Ispanijos laivyno generolas, mokslininkas Antonio de Ulloa (1716–1795). 1752 m. švedų chemikas Henrikas Teofilus Schefferis (1710–1759) aprašė šio metalo, kurį pavadino „baltuoju auksu“, savybes. 1772 m. vokiečių mokslininkas Carlas Heinrichas von Sickingenas (1737–1791) išsamiai ištyrė platiną. Jam pavyko pagaminti platiną, legiruotą auksu. Pirmąjį platinos tiglį 1784 m. pagamino Prūsijos mokslininkas Franzas Karlas Achardas (1753–1821). Labai gryną platiną iš rūdos pirmą kartą 1789 m. išgavo prancūzų chemikas ir fizikas Pierre'as-Francois Chabaneau (1754–1842). Per keletą mėnesių jis pagamino 23 kg platinos.

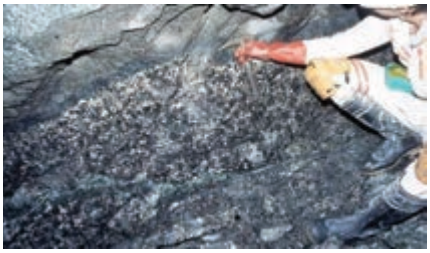
Pavadinimą platinai davė ispanų konkistadorai, XVI a. viduryje pirmą kartą pamatę metalą Kolumbijoje, – išoriškai jis pasirodė panašus į sidabrą (ispaniškai – *plata*). Pažodžiui platina reiškia „mažasis sidabras“, „sidabrėlis“. Ilgą laiką

78
**Pt**
195,08

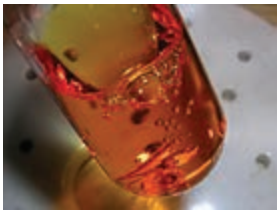
**519 pav.** Antonio de Ulloa ir Pierre'as-Francois Chabaneau

platina kainavo perpus pigiau už sidabrą. Pagal brangumą yra 3-iasis metalas po aukso ir rodžio.

Platina – grynuolių klasės mineralas. Paprastai turi iki 35 % paladžio, geležies, iridžio, osmio, vario, nikelio, radžio, aukso priemaišų. Daugiausia randama Pietų Afrikos Respublikoje (apie 80 % pasaulio produkcijos). Per metus platinos išgaunama tik apie kelis šimtus tonų (apie 14 kartų mažiau nei aukso). Platina yra labai retas metalas. Didesni platinos telkiniai dar yra JAV, Rusijoje, Kinijoje, Zimbabvėje, Kanadoje, Kolumbijoje, Peru, Indijoje. Be grynuolių, yra žinomi ir platinos



**520 pav.** Platinos kasyklos PAR



**521 pav.** $H_2PtCl_6$

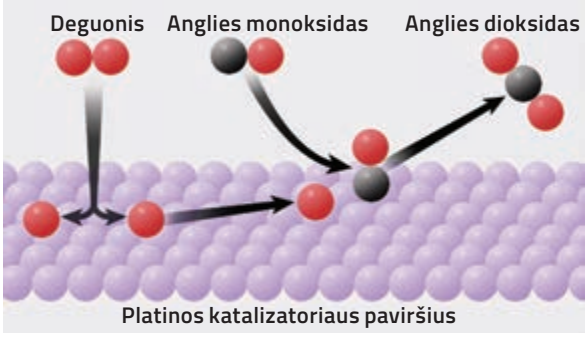
mineralai: sulfidai ((Pt, Pd)S), kuperitas (Pt, Pd, Ni)S), telūridai (PtBiTe), arsenidai (sperilitas, $PtAs_2$).

Platina kalesnė už auksą, sidabrą ir varį. Atspari korozijai, stabili aukštoje temperatūroje. Tai mažiausiai pasaulyje reaktingas metalas. Tirpsta tik „karališkajame vandenyje“ ir susidaro $H_2PtCl_6$.

**$Pt + 4HNO_3 + 6HCl \rightarrow H_2PtCl_6 + 4NO_2 + 4H_2O$.**

Kaitinama reaguoja su siera, bromu, fosforu, selenu. Sudaro daug kompleksinių junginių. Pagrindiniai oksidacijos laipsniai junginiuose yra +2 ir +4.

Platina yra universalus cheminių procesų katalizatorius gaminant sieros ir azoto rūgštį, angliavandenilius, vandenilį, hidrinant riebalus, sintetinant




**522 pav.** Platina yra universalus katalizatorius

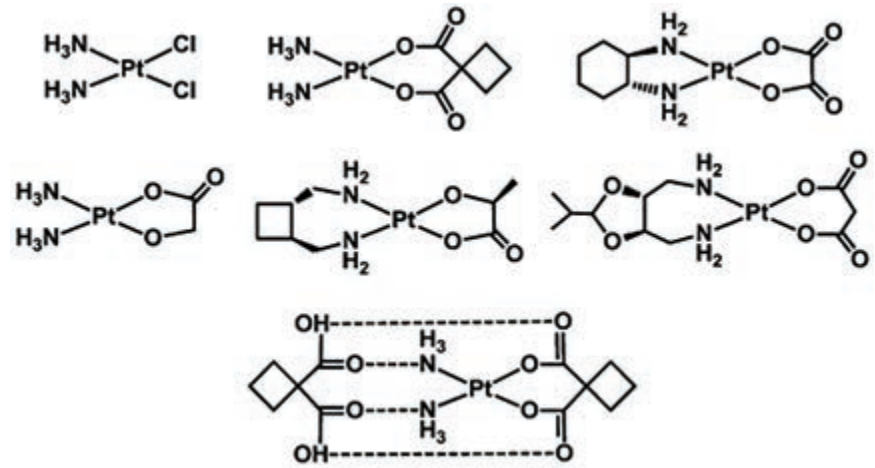
78
**Pt**
195,08

vaistus. Daugiausia Pt katalizatorių sunaudojama automobilių pramonėje. 2007 m. Gerhard'as Ertlas gavo Nobelio premiją už katalitinio CO oksidacijos virš Pt katalizatoriaus mechanizmo išaiškinimą. Katalizatoriais dažniausiai naudojami platinos suodžiai. Dėl inertiškumo dažnai iš jos gaminami laboratoriniai indai, elektriniai kontaktai, elektrodai, atsparūs varžiniai termometrai, termoporos, odontologijos ir chirurginiai instrumentai bei įrankiai, dantų karūnėlės, širdies stimuliatoriai, uždegimo žvakės, turbinų varikliai, deguonies jutikliai ir juvelyriniai papuošalai. Dabar labai populiarūs vestuviniai žiedai („baltasis auksas"). Iš platinos bei iridžio lydinio buvo pagaminti metro ir kilogramo etalonai. Iš platinos kaldinamos atmintinės monetos, brangiausių laikrodžių („Vacheron Constantin", „Patek Philippe", „Rolex", „Breitling") detalės, yra pagamintos kai kurių karalysčių karūnos. Platina – tai investicinis kapitalas.

Platinos junginiai yra pagrindiniai priešvėžiniai chemoterapijos reagentai. Vieni Pt (II) junginiai yra intraveniniai vaistai, kiti Pt kompleksai yra aktyvūs ir geriami. Kai kurie jų gali pasižymėti specifiniu veikimu, pavyzdžiui, cis-bis(nonedekanoato)(trans-R,R-1,2-diaminciklohekSano) platina (II) yra aktyvi prieš kepenyse esančias metastazes.

**523 pav.** Platinos panaudojimas

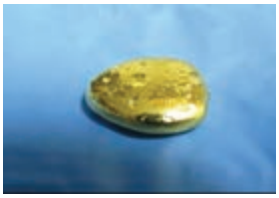
Nors platinos vaistai naikina vėžines ląsteles, kartais jie agresyviai veikia ir sveikąsias. Platina nevaidina biologinio vaidmens. Metalas nėra nuodingas elementas.

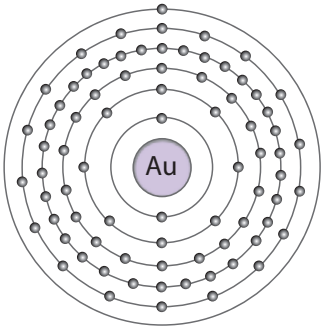


**524 pav.** Kai kurie platinos priešvėžiniai reagentai

79
Au
196,967

# 79. Auksas (Au)






**525 pav.** Auksas

Auksas – rausvai geltonas, blizgantis, kalus, valkus, tąsus, brangus, atsparus korozijai taurusis metalas. Žodis „auksas“ yra kildinamas iš lotyniško *aurum*, kuris sietinas su aušros deive Aurora.

Auksas žinomas nuo gilios senovės laikų, tačiau kas ir kada jį atrado – nežinia. Alchemikai siekė pagaminti auksą iš kitų, pigesnių, metalų ar medžiagų. Tam tikslui ieškojo filosofinio akmens. Senovės Egipte mokėjo išgauti auksą ir iš jo darė įvairius dirbinius. Viduramžiais išmokta išskirti auksą iš rūdų amalgaminiu būdu (naudojant gyvsidabrį). Auksą galima pagaminti branduolinių reakcijų metu neutronais bombarduojant platiną arba gyvsidabrį. Tą 1924 m. įrodė japonų fizikas Hantaro Nagaoka (1865–1950).

Lietuvoje auksas monetų pavidalo pasirodė XIV–XV amžiuje. 1495 m. įkurtas Vilniaus auksakalių cechas. XVI a. viduryje Vilniuje buvo kalamos monetos: dukatai, portugalai, pusportugaliai. XVI–XIX a. aukso dirbiniai buvo gaminami ir kituose miestuose (Kaune, Klaipėdoje, Kėdainiuose, Raseiniuose, Ukmergėje) bei įsivežami iš Lenkijos, Vokietijos ir kitų šalių.

Tai labiausiai prestižinis ir trokštamas pasaulyje metalas. Pagal brangumą yra 2-asis metalas. Natūraliai randamas Žemės plutoje įvairiose uolienose, lydiniuose su sidabru, paladžiu, variu. Aukso grynuolis yra laikomas tada, kai jame yra

**526 pav.** Aurora ir aušra

ne daugiau nei 4–15 % sidabro. Didžiausias rastas aukso luitas – Holtermano plokštė (Australija, 1872) – svėrė 214,326 kg (gryno aukso jame 85,05 kg), didžiausi grynuoliai: Geidžiamasis (Australija, 1869) – 68,08 kg, Japonas (Japonija, 1901) – 71 kg. Rečiau randamas aukso junginiuose (pavyzdžiui, aukso telūrido mineraluose – kalaverite, krenerite, silvanite, nagiagite ir kt.). Jūrų ir vandenynų vandenyje taip pat yra aukso. Vandens telkiniuose ištirpusio aukso yra daugiau negu sausumoje.

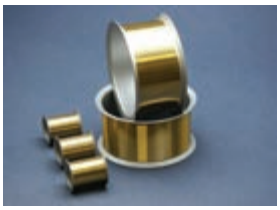
Daugiausia aukso pagamina Kinija – apie 440 tonų per metus. Tačiau 1880–2007 m. aukso gavyboje pirmavo Pietų Afrikos Respublika. Aukso kasyklų

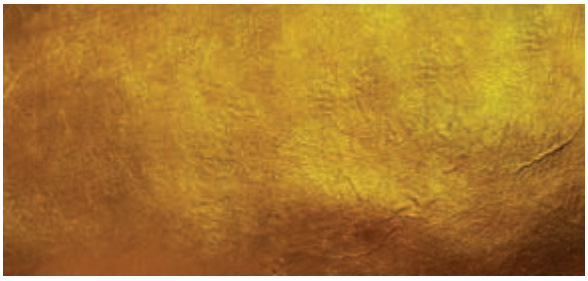
**527 pav.** Hantaro Nagaoka

nemažai yra Australijoje, Rusijoje, JAV, Kanadoje ir Peru. 1995 m. atlikti tyrimai rodo, kad Lietuvos rytuose paviršinėse žvyro ir smėlio nuogulose yra aukso. Didžiasalio ir Salako žvyro telkiniuose aukso atitinkamai rasta 0,56 ir 0,13 g/t. Į Lietuvą auksas buvo atneštas ledynų, atslinkusių iš Švedijos ir Suomijos auksingų plotų.

Senovėje auksas buvo išgaunamas plaunant auksingą smėlį. Vienas pirmųjų aukso gavimo būdų buvo toks: avių kailiai su prie jų pririštais akmenimis būdavo nuleidžiami į upę ir ant jų pilamas auksingas smėlis. Lengvos aukso smiltys nutekėdavo su vandeniu, sunkesni ir didesni metalo gabalėliai likdavo vilnoje.

**528 pav.** Aukso kasyklos





79
Au
196,967

**529 pav.** Aukso siūlai, folija

Kailius su juose esančiu auksu sudegindavo, pelenus suberdavo į indus ir plaudavo vandeniu. Nupylus drumzliną vandenį ant dugno likdavo auksas.

Aukso gavyba ekonomiškiausia dideliuose, lengvai iškasamuose telkiniuose. Daugelyje aukso kasyklų auksas yra nematomas. Mikroskopinės aukso dalelės yra pasiskirsčiusios uolienose, dažnai kvarce. Neretai randamas dendritų, tarpgyslių, grūdelių, žvynelių, plokštelių, dulkių pavidalo. Po pirminio išgavimo auksas vėliau pramoniniu būdu rafinuojamas (elektrolize arba chlorinimu lydale). Gryninamas tirpinant jį „karališkajame vandenyje“ arba elektrolizuojant kalio cianido tirpale. Aukso gavyba yra gamtą teršiantis procesas.

Grynas auksas yra ryškiai geltonas, tačiau dėl priemaišų gali būti įvairių atspalvių (lydiniuose – nuo vario raudonumo iki sidabriškai balto). Koloidinio aukso spalva priklauso nuo koloidinių dalelių dydžio. Lengvai ištempiama aukso viela, išplojami plonyčiai lakštai (folija). Vienas gramas aukso gali būti iškaltas į 1 $m^2$ plokštę. Elektrinis ir šilumos laidumas ~30 % mažesnis negu sidabro. Lydiniai su sidabru, variu, platina ir kitais metalais labai atsparūs korozijai, plastiški. Aukso tankis yra 19,3 $g/cm^3$, beveik kaip volframo (19,25 $g/cm^3$).

Labai inertinis metalas. Netirpsta daugelyje rūgščių, tik „karališkajame vandenyje“. Tirpsta kalio ar natrio cianido tirpaluose:

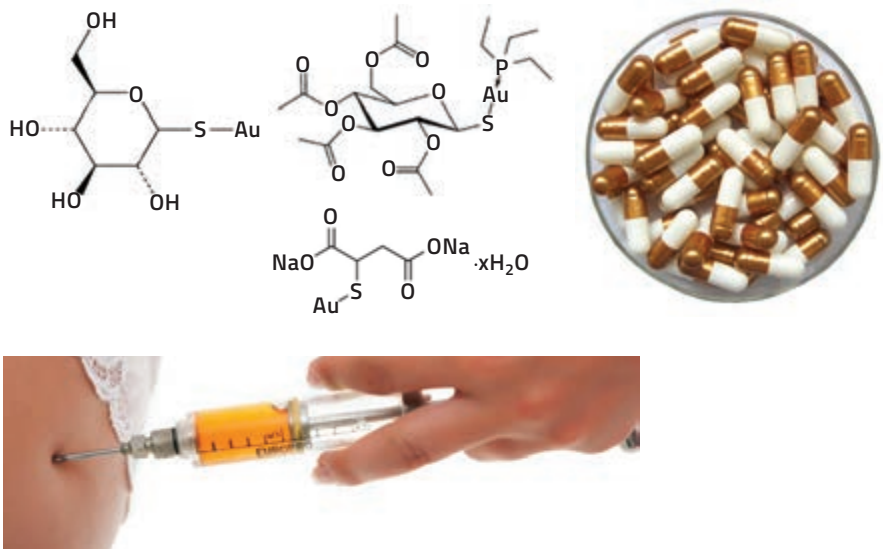
$$4Au + 8KCN + H_2O + O_2 \rightarrow 4KOH + 4KAu(CN)_2.$$

79
Au
196,967

**530 pav.** Auksas investicijoms, turtui kaupti

Su gyvsidabriu sudaro amalgamą. Atsparus oro ir šarmų poveikiui. Kambario temperatūroje reaguodamas su chloru sudaro aukso (III) chloridą. Žinomi du aukso oksidai ($Au_2O$ ir $Au_2O_3$), kurie susidaro kaitinant aukso hidroksidus. Aukso pagrindinės oksidacijos būsenos yra +1 ir +3. Metalai ir kiti reduktoriai išskiria auksą iš jo druskų tirpalų.

**531 pav.** Aukso panaudojimas




**532 pav.** Aukso junginių vaistai

Metalas naudojamas investicijoms, turtui kaupti (sunaudojama apie 40 % viso aukso). Specialūs aukso luitai saugomi kaip valstybių centrinių bankų valdomos aukso atsargos. Valstybės gali jį panaudoti mokėjimo balanso deficitui padengti. Auksas tebėra pinigų sistemos pagrindas. Jis perkamas ir parduodamas pasaulio biržose. Daugiausia aukso perkama siekiant investuoti pinigus.

Aukso dalis lydiniuose yra matuojama karatais. Grynas auksas (99,999 % ar 0,99999) yra 24 karatų. Aukso ISO 4217 valiutos kodas yra XAU. Aukso kaina svyruoja. 2017 m. 1 g kaina buvo 42 JAV doleriai (vienos Trojos uncijos kaina – 1 300 JAV dolerių; 1 Trojos uncija lygi 31,1034768 gramo).

Labai populiarūs auksiniai juvelyriniai dirbiniai (sunaudojama apie 50 % viso aukso). Auksas naudojamas kompiuterių pramonėje, elektronikoje ir radiotechnikoje elektriniams kontaktams, laidams gaminti. Iš aukso ir jo lydinių gaminamos monetos, dantų karūnėlės ir protezavimo tiltai, taip pat medaliai, įvairių apdovanojimų prizai, taurės, statulėlės. Auksas yra įsitvirtinęs įvairiuose kultūriniuose papročiuose ir terminuose (auksinės vestuvės, auksiniai sponsoriai, auksinės taisyklės, aukso puodas, auksinis žmogus, aukso amžius ir t. t.).

Aukso junginiais (aurotiomaloatas, aurotioglukozė, auranofinas) medicinoje gydomas artritas. Kai kurie aukso kompleksiniai junginiai yra priešvėžiniai reagentai. $^{198}$Au izotopu gydomos onkologinės ligos.

Maisto pramonėje auksas (E175) naudojamas kaip maisto gaminių paviršiaus metalinis dažiklis. Auksas nevaidina biologinio vaidmens. Elementinis auksas nėra nuodingas.

**533 pav.** Auksas maisto pramonėje

# 80. Gyvsidabris (Hg)

80
Hg
200,59

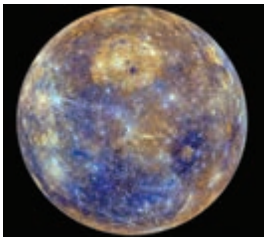
**534 pav.** Gyvsidabris

Gyvsidabris – sunkus, blizgantis metalas, labai retas, kambario temperatūroje lakus, vienintelis skystas metalas standartinėmis sąlygomis.

Pavadinimo kilmė yra siejama su gyvsidabrio metaline skysta būsena. Žymimas Hg (lot. *hydrargyrum*, *quicksilver* – gyvas sidabras). Gyvsidabris yra skystas metalas, blizgantis kaip sidabras. Taip pat elementas pavadintas Romėnų dievo Merkurijaus vardu ir susijęs su planetos Merkurijaus pavadinimu.

Gyvsidabris buvo žinomas nuo gilios senovės, rastas Egipto kapavietėse, datuojamose 1500 m. pr. m. e. Kinijoje, Indijoje ir Tibete buvo manoma, kad gyvsidabrio naudojimas prailgina gyvenimo trukmę, gydo lūžius ir stiprina sveikatą. Pasakojama, kad pirmasis Kinijos imperatorius Qin Shi Huang Di išprotėjo ir numirė nuo gyvsidabrio piliulių, kurios buvo skirtos pratęsti jo gyvenimą amžinai. Alchemikai galvojo, kad gyvsidabris yra pirmoji medžiaga, iš kurios susidarė visi likusieji metalai, ir kad metalus galima išgauti keičiant sieros gyvsidabryje kokybę ir kiekį (gryniausiu buvo laikomas auksas).

80
Hg
200,59

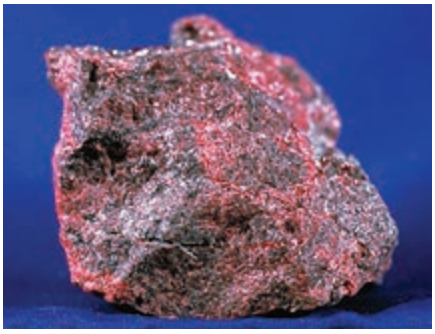


**535 pav.** Merkurijus

Randamas įvairiuose mineraluose – pagrindinis yra cinoberis (HgS). Stambiausios kasyklos yra Ispanijoje, Italijoje, JAV, Meksikoje, Peru ir Slovėnijoje. Pagrindinis gyvsidabrio gamintojas yra Kinija. Kaitinant cinoberį gaunamas gyvsidabris:

$HgS + O_2 \rightarrow Hg + SO_2$.

Aukštesnėje nei kambario temperatūroje garuoja intensyviau, todėl apsinuodijimo galimybė yra didesnė. Gyvsidabris yra geras elektros, bet prastas šilumos laidininkas. Užšalimo temperatūra yra –38,8 °C. Junginiuose būna +1 ir +2 oksidacinės būsenos. Kaip ir kaimyniniai kadmis bei cinkas, gyvsidabris sudaro pakankamai stabilius junginius. Reaguoja tik su oksiduojančiomis rūgštimis (koncentruota sieros, azoto rūgštimi, „karališkuoju vandeniu“). Kaip ir sidabras



**536 pav.** Cinoberis

reaguoja su sulfidais, ypač su $H_2S$. Gyvsidabris tirpina daugelį metalų, tarp jų auksą, sidabrą ir alavą, sudarydamas amalgamas. Su geležimi amalgamos nesudaro, todėl gyvsidabrį laikydavo geležiniuose induose.

Senovės graikai naudojo gyvsidabrį kūno aliejuose, senovės egiptiečiai ir romėnai – kosmetikoje. Iki 500 m. pr. m. e. gyvsidabris buvo naudojamas amalgamose su kitais metalais. Naudojamas įvairių matavimo prietaisų, rentgeno, kvarco, neoninių ir kitų fluorescencinių lempų, įvairių metalų ir gyvsidabrio lydinių (amalgamų) gamyboje, medicinoje, anksčiau gyvsidabrio amalgamas naudojo ir odontologijoje. Iki XX a. gyvsidabriu gydė sifilį (piliulės, tepalai, vonios). Gyvsidabrio savybė sudaryti amalgamas leido jį panaudoti aukso ir sidabro kalnakasyboje. Naudojamas termometruose, barometruose, manometruose. Elektrochemijoje yra žinomas gyvsidabrio lašo elektrodas. Elektra, pratekanti pro gyvsidabrio garus fluorescencinėje lempoje, sukuria trumpųjų bangų ultravioletinę šviesą, dėl kurios vamzdyje esantis fosforas fluorescuoja matomą šviesą. Gyvsidabrio lempos naudojamos gatvių ir plentų apšvietimui, medicinoje („kvarcinė“ lempa), kino technikoje, buityje.

**537 pav.** Gyvsidabrio panaudojimas

80
Hg
200,59

Neorganiniai junginiai – gyvsidabrio chloridas (sublimuotas $HgCl_2$), gyvsidabrio sulfidas (mineralas cinoberis HgS) – naudojami medžio, vilnų, dažų pramonėje, taip pat medicinoje, dezinfekcijai, tepalams. Cinoberis yra plačiai naudojamas raudonasis pigmentas. Gyvsidabrio (II) selenidas ir telūridas yra puslaidininkiai.

Kai kurios šalys visiškai atsisako gyvsidabrio vartojimo sferoje. Gyvsidabris nevaidina biologinio vaidmens. Garai ir tirpių druskų tirpalai yra labai nuodingi: gyvsidabriu apsinuodijama, kai patalpų ore pasklinda jo garai, metalui išsiliejus ant grindų, garuojant iš atvirų indų, sandėliuojant sudužusias lempas. Didžiausias neigiamas gyvsidabrio poveikis yra smegenims, kepenims, inkstams ir plaučiams. Apsinuodijus gali sutrikti regėjimas, kalba, klausa, koordinacija. Gali kilti atminties sutrikimų, depresija. Galima apsinuodyti net nuo vieno sudužusio medicininio termometro. Patekęs pro burną gyvsidabris yra praktiškai nekenksmingas, išsiskiria su išmatomis. Iš organizmo išsiskiria lėtai su šlapimu, seilėmis, prakaitu, motinos pienu. Ūminių apsinuodijimų pasitaiko labai retai (avarijų metu), kai gyvsidabrio garų koncentracija ore 10–15 kartų viršija maksimalią leistiną normą (0,01 $mg/m^3$). Specifinis bruožas kaupti savyje gyvsidabrį yra būdingas žuvims.

# 81. Talis (Tl)

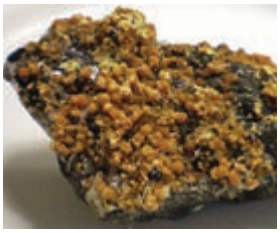
81
Tl
204,383

**538 pav.** Talis

Talis – minkštas, pilkas, ore patamsėjantis metalas. Talį 1861 m. atrado anglų chemikas ir fizikas Seras Williamas Crookes'as (1832–1919) ir savarankiškai – prancūzų chemikas Claude'as-Auguste'as Lamy (1820–1878) iš sieros rūgšties gamyklų atliekų ir pavadino pagal žalią spektro linijos spalvą (gr. *thallos* – žalias).

**539 pav.** Williamas Crookes'as ir Claude'as-Auguste'as Lamy

81
Tl
204,383



**540 pav.** Krokesitas, hutkinsonitas ir loranditas

Metalinį talį abu mokslininkai izoliavo 1862 m.: C. A. Lamy elektrolizavo druskas, W. Crookes'as – nusodinimo ir lydymo būdais. Didžiausi talio kiekiai aptinkami kalio turinčiuose mineraluose (molyje, granite). Praktiniams tikslams talį ekonomiškiausia išgauti iš vario, cinko, švino sulfidinių rūdų, pirito. Dar gaunamas iš pirito dulkių jas ekstrahuojant, kai gaminama sieros rūgštis. Laisvo talio gamtoje nėra. Žinomos talio rūdos yra krokesitas ($TlCu_7Se_4$), hutkinsonitas ($TlPbAs_5S_9$) ir loranditas ($TlAsS_2$). Talio fizikinės savybės panašios į švino.

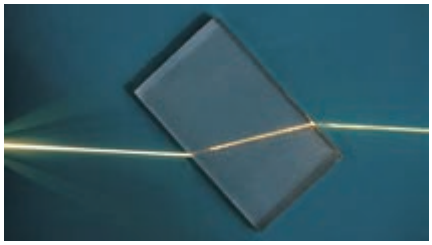
Oksidacijos laipsniai junginiuose yra +3 ir +1. Talio karbonatas – beveik vienintelis sunkiųjų metalų karbonatas, tirpus vandenyje:

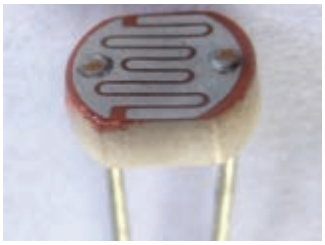
$$2TlOH + CO_2 \rightarrow Tl_2CO_3 + H_2O.$$

Talio junginių chemija labai panaši į sidabro.

Talio druskos seniau buvo naudojamos tuberkuliozei, odos ligoms gydyti, prakaitavimui mažinti. Beskonis talio (I) sulfatas ($Tl_2SO_4$) nuo seno buvo naudojamas žiurkėms ar skruzdėms nuodyti. Nuo 1972 m. uždraustas.

**541 pav.** Talio (I) sulfato panaudojimas





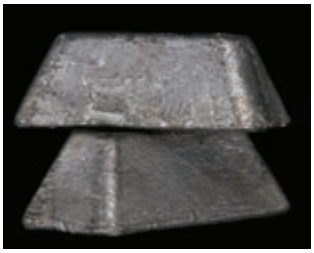
**542 pav.** Talio junginių panaudojimas

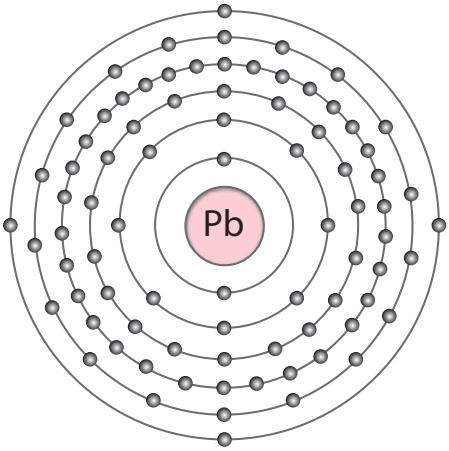
Apie 60–70 % talio yra panaudojama elektronikos pramonėje, likusi dalis – farmacijoje, stiklo gamyboje ($Tl_2O$), IR detektoriuose (dėl plataus spektro ruožo gero pralaidumo, TlBr, TlI), medicinoje. Toks stiklas pasižymi didesniu lūžio rodikliu, aukštesne lydymosi temperatūra. $Tl_2S$ – fotorezistorius, kurio laidumas kinta veikiant IR spinduliuote. Įeina į superlaidininkų sudėtį: (Hg, Tl)$Ba_2Ca_2Cu_3O_{8+\delta}$ ($T_c$ = 140–145 K). Tl-201 izotopas buvo naudojamas branduolinėje kardiografijoje. Tebenaudojamas stresui diagnozuoti koronarinių arterijų susirgimų atvejais. Hg-Tl lydinys lydosi –60 °C temperatūroje. Naudojamas termometruose. Fotografijoje talis naudojamas fotojautraus AgBr ar AgI jautrumui padidinti.

Tirpios talio druskos yra labai toksiškos. Tai paslaptingi nuodai, nes druskos bespalvės, bekvapės, beskonės. Gali patekti ir pro odą. Nuo jų slenka plaukai, sunyksta periferiniai nervai (jausmas, kad vaikštai žarijomis). Didelės talio koncentracijos sukelia mirtį. Talis laikomas kancerogenu.

82
Pb
207,2

# 82. Švinas (Pb)






**543 pav.** Švinas

Švinas – sidabriškai baltas su mėlynu atspalviu, ore papilkėja, minkštas, kalus, besilydantis santykinai žemoje temperatūroje, didelio tankio, pakankamai atsparus korozijai metalas. Švinas yra žinomas nuo gilios senovės. Jis buvo naudojamas senovės Egipte, Graikijoje, Azijoje. Romos imperijoje iš švino gamino vamzdžius vandeniui, iečių ir strėlių antgalius. Alchemikai svarstė, kad švinas yra pats seniausias metalas. Iki XVII a. švinas dažnai buvo painiojamas su alavu ir stibiu. Pavadinimo germaniška (*lead*) ir lotyniška (*plumbum*) kilmės nėra gerai žinomos.

Švinas išgaunamas iš įvairių uolienų. Gamtoje randamas šiuose mineraluose: galenite (PbS), boulangerite ($Pb_5Sb_4S_{11}$), anglezite ($PbSO_4$), ceruzite ($PbCO_3$), piromorfite ($Pb_5(PO_4)_3Cl$), mimetezite ($Pb_5(AsO_4)_3Cl$) ir kituose. Daugiausia jo yra švino blizgyje (PbS). Metalinis švinas randamas labai retai. Per metus pagaminama apie 10 mln. tonų švino. Nuo 1980 m. daugiausia švino pagamina Kinija.

**544 pav.** Švino panaudojimas senovėje

Kadangi švinas daugiausia randamas sulfidinėse rūdose, jis išgaunamas pirmiausiai sudeginant švino blizgį, o vėliau redukuojant anglimi:

$$PbS + 1½O_2 \rightarrow PbO + SO_2,$$

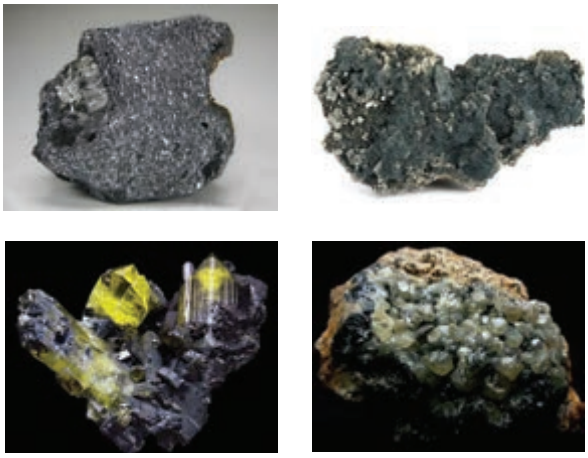
$$PbO + C \rightarrow Pb + CO,$$

$$PbS + 2PbO \rightarrow 3Pb + SO_2.$$

Šiais laikais nemažai švino gaminama iš antrinių žaliavų. Iš perdirbamo švino šaltinių svarbiausios yra švino baterijos, vamzdžiai, lakštai ir kabelių apvalkalai.

Švinas lydosi 327 °C temperatūroje, garuoja 400–500 °C temperatūroje. Tai labai minkštas, vidutiniškai laidus elektrai metalas. Švinas nėra labai reaktingas, tačiau ore greitai praranda blizgesį ir tampa matinis. Sąveikauja su druskos ir azoto rūgštimis bei šarmais. Junginiuose švino oksidacijos laipsnis būna +2 ir +4, tačiau +2 oksidacinė būsena yra stabilesnė už +4 būseną. Švino junginiai liepsną nudažo blyškiai mėlyna spalva.

82
**Pb**
207,2



**545 pav.** Galenitas, boulangeritas, anglezitas ir ceruzitas

Švinas plačiai naudojamas įvairiose statybinėse konstrukcijose, vandentiekio sistemose, baterijose ir akumuliatoriuose, karo pramonėje, spausdinimo presuose, automobilių ratams balansuoti, kitiems metalams padengti, kaip balastas laivuose. Dėl atsparumo korozijai švinas yra naudojamas kaip apsauginis povandeninių kabelių apvalkalas. 1993 m. pasvirusio Pizos bokšto pagrindas buvo stabilizuotas su 600 tonų švino. Iš švino ir alavo lydinio gaminami vargonų vamzdžiai, iš švino – kulkos ir sviediniai, svarsčiai, apsauginiai skydai ir plytos nuo radiacijos, lydmetaliai ir kiti lydiniai, monetos, skulptūros. Švino junginiai naudojami farmacijoje, maisto pramonėje (saldikliai ir antioksidantai), kaip pigmentai – dažų pramonėje, stiklo gamyboje, kuro oktatiniam skaičiui padidinti, buityje naudojami švino glazūromis glazūruoti indai.

Švino pigmentai naudojami dailėje raudonai (švino surikas ($Pb_3O_4$), švino raudonasis ($PbCrO_4$), baltai (švino baltasis ($2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$), geltonai (Neapolio geltonasis ($Sb_2O_5 \cdot nPbO$), masikotas (PbO), oranžinei (švino oranžinis ($PbCrO_4 \cdot Pb(OH)_2$) spalvoms išgauti, tačiau jie nuodingi. Pastaruoju metu keičiami kitais, ne tokiais nuodingais, pigmentais, pvz., švino baltalas keičiamas cinko baltalo mišiniu su titano baltalu. Visais laikais pačiu svarbiausiu sintetiniu pigmentu laikomas švino baltasis – pagrindinis baltas pigmentas molbertinėje tapyboje, naudotas nuo seniausių laikų iki XIX a. II pusės ir išsamiai aprašytas visuose senuosiuose dailės technologijų šaltiniuose. Manoma, kad

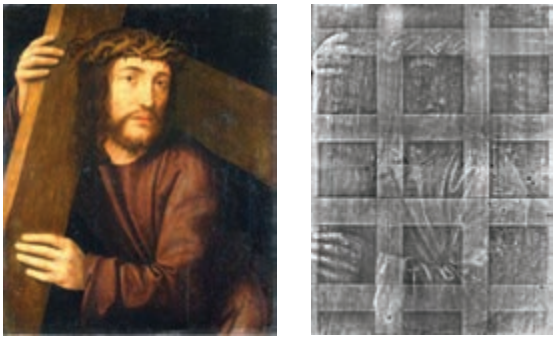
**546 pav.** Švino atliekos

švino baltasis pradėtas naudoti jau III tūkstantmetyje pr. Kr., ir buvo gaminamas šviną veikiant acto rūgšties garais ir anglies dioksidu:

$$Pb + 2CH_3COOH = (CH_3COO)_2Pb + H_2\ 2(CH_3COO)_2Pb + CO_2 + 3H_2O =$$

$$PbCO_3{\cdot}Pb(OH)_2 + 4CH_3COOH.$$

Švino baltasis naudotas įvairiuose tapybos dažų sluoksniuose, imprimatūrose ir gruntuose, o kaip aliejų sikatyvas ir puikiai šviesą atspindinti medžiaga įvairiais



**547 pav.** Nežinomas XVI a. Nyderlandų tapytojas. Kristus su kryžiumi (medis, aliejus; privati kolekcija). Dešinėje pusėje – paveikslo rentgenograma (LDM RC fotoarchyvas)

**548 pav.** Glazūruoti keramikos dirbiniai

kiekiais būdavo maišomas beveik su visais kitais pigmentais. Todėl senųjų paveikslų rentgenogramose išryškėja akimi nematomi dailininkų potėpiai, leidžiantys tyrinėti ir stilistinius kūrinio ypatumus.

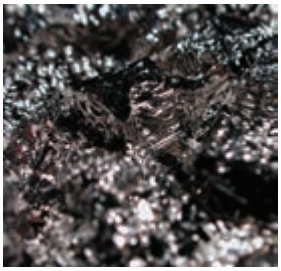
Švino oksidas naudojamas keraminėms glazūroms. Tradiciškai glazūros gaminamos lydant norimos spalvos pigmentą, kvarcinį smėlį ($SiO_2$) ir švino oksidą ($Pb_3O_4$) ~1 000 °C temperatūroje. Karbonatinių glazūrų sudėtyje papildomai naudojamas kalcitas ($CaCO_3$).

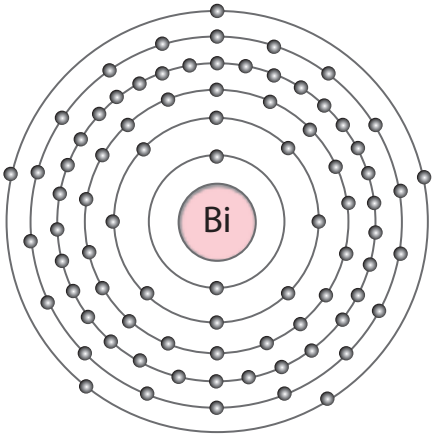
Švinas nevaidina biologinio vaidmens. Yra toksiškas elementas. Sukelia neurologinius susirgimus. Didesni švino kiekiai neigiamai veikia beveik visus žmogaus organus. Švino taršos šaltinis yra automobilių transportas. Benzine švinas naudojamas kaip antidetonuojanti priemonė (tetraetilo švinas). 75 % benzine esančio švino kartu su automobilio išmetamomis dujomis patenka į aplinką. Aplinką teršia ir šiukšlių deginimo įrenginiai, kai deginamos švino turinčios atliekos. Metalurgijos pramonės, šviną perdirbančios įmonės ir kuro įrenginiai irgi prisideda prie aplinkos teršimo švinu bei švino junginiais.

**549 pav.** Švino ir jo junginių panaudojimas

83
Bi
208,980

# 83. Bismutas (Bi)



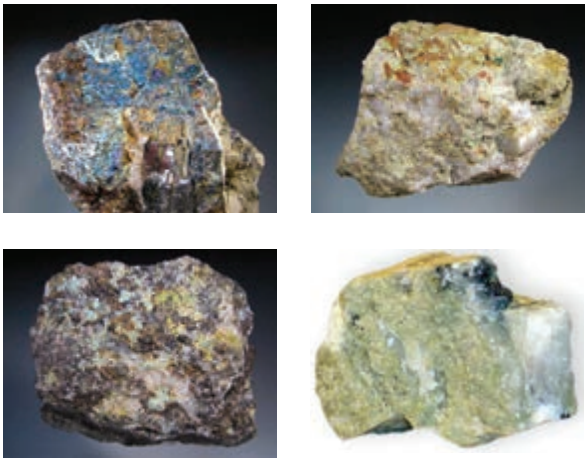



**550 pav.** Bismutas

Bismutas – blizgus, baltas su sidabriškai rausvu atspalviu, tankus, atsparus korozijai metalas. Tai paskutinis stabilus elementas.

Bismutas yra tarp 10 anksčiausiai atrastų elementų. Jo pavadinimo kilmės aiškinimas yra painus. Manoma, kad bismutas XIV–XVI a. buvo aptiktas rūdų kalnų (Erzgebirge) pievose (vok. *Wiese* – pievos + *muten* – spėti, numanyti). *Wiesemutung* (pievų spėlionė) palaipsniui virto *Wiesmut* ir *Wismut*. Galbūt pavadinimas kilęs iš žodžių *weiße Masse*, *white mass* – „balta masė“. Vėliau vokiečių mineralogas ir metalurgas Georgius Agricola (1494–1555) pavadinimą lotynizavo – *Bismutum*. Bismuto pavadinimas gali būti kilęs ir iš arabų kalbos *bi ismid* – panašus į stibį.

Ilgą laiką bismutas buvo tapatinamas ir su alavu, ir su švinu. Gerokai vėliau bismuto tapatumą kaip individualumą patvirtino vokiečių chemikai Casparas Neumanas (1683–1737) ir Johannas Heinrichas Pottas (1692–1777), garsusis švedų chemikas Carlas Wilhelmas Scheelė (1742–1786), kitas švedų chemikas



**551 pav.** Bismutinitas, bismitas, bismutitas ir tetradimitas

Torbernas Olofas Bergmanas (1735–1784) ir prancūzų chemikas Claude'as Francois Geoffroy'us (1729–1753).

Bismutas gamtoje randamas ir elementas, ir mineraluose – bismutinite ($Bi_2S_3$), bismite ($Bi_2O_3$), bismutite ($(BiO)_2CO_3$) ir tetradimite ($Bi_2Te_3$). Žemės plutoje bismuto yra beveik du kartus daugiau nei aukso.

Bismutas dažnai išgaunamas kaip šalutinis produktas iš švino, vario, alavo, molibdeno ar volframo rūdų. Priešpaskutiniame gavybos etape bismutas vis dar turi nemažai kitų metalų priemaišų, ypač švino, todėl toliau vykdomas gryninimo procesas. Bismuto kaina išlieka beveik nepakitusi nuo XX amžiaus. Dabar bismutas dažnai išgaunamas iš antrinių žaliavų. Elementinis bismutas išgaunamas ir iš bismutinito redukcijos anglimi metu:

$$2Bi_2S_3 + 9O_2 \rightarrow 2Bi_2O_3 + 6SO_2,$$

$$2Bi_2O_3 + 3C \rightarrow 4Bi + 3CO_2.$$

Joks kitas metalas nėra toks natūralus diamagnetikas kaip bismutas. Tarp visų stabilių metalų jam būdingas žemiausias (po mangano) šiluminis laidumas. Bismutas prastas elektros laidininkas.

Cheminės savybės yra panašios į arseno ir stibio, tačiau egzistuoja ir esminiai skirtumai tarp jų. Bismuto oksidacijos laipsnis +5 junginiuose dažnai yra mažiau stabilus nei fosforo, arseno ar stibio analoguose. Žinomi tik keli

neorganiniai junginiai, kuriuose bismuto oksidacijos laipsnis yra +5: $NaBiO_3$, $BiF_5$ ir kompleksinės druskos. Būdingiausia bismuto oksidacinė būsena junginiuose yra +3. Metalinis bismutas reaguoja su praskiesta azoto, karšta sieros ir koncentruota druskos rūgštimis ir susidaro Bi (+3) druskos:

$$6H_2SO_4 + 2Bi \rightarrow Bi_2(SO_4)_3 + 3SO_2 + 6H_2O.$$

Bismutas ir jo junginiai buvo naudojami medicinoje gydant virškinimo sutrikimus, venerines ligas, nudegimus. Metalurgijoje bismutas naudojamas įvairiems lydiniams su aliuminiu ir geležimi gauti. Bismuto lydiniai su alavu ar kadmiu pasižymi žema lydymosi temperatūra ir yra naudojami ugnies detektoriuose, gesintuvuose, elektriniuose saugikliuose ir lydmetaliuose. Daug kur naudojamas vietoj švino (medžiokliniai šratai, kulkos, laivų inkarai, keraminės glazūros, maisto

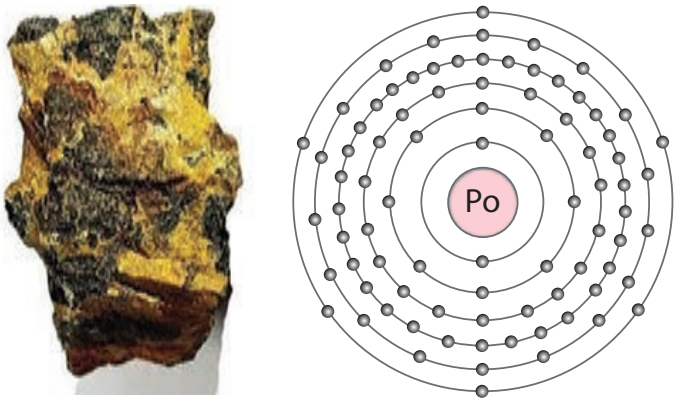
**552 pav.** Bismuto panaudojimas

gamybos technologiniai prietaisai, lubrikaciniai tepalai ir kita). Bismutas tebenaudojamas medicinoje (bismuto salicilatas, bismuto oksikarbonatas naudojamas skrandžio ligoms ir viduriavimui gydyti), kosmetikoje (bismuto oksichloridai, BiOCl) naudojami lūpų dažams, kremams, akių šešėliams, nagų lakui ir plaukų dažams gaminti), dažų pramonėje (bismuto vanadatas yra geltonasis pigmentas, tapytojų dažnai naudojamas citrininei spalvai išgauti). Būdami biologiškai aktyvūs bismuto junginiai yra svarbūs superlaidininkų sintezėje (Bi, Pb–2201 junginiai $(Bi_{1,75}Pb_{0,25})Sr_2CuO_x$, $(Bi_{1,80}Pb_{0,33})Sr_{1,87}CuO_x$; Bi–2212 junginiai $(Bi_{1,75}Pb_{0,25})Sr_2CaCu_2O_x$, $(Bi_{1,8}Pb_{0,33})Sr_{1,87}CaCu_2O_x$; Bi, Pb–2223 junginiai $((Bi_{1,75}Pb_{0,25})Sr_2Ca_2Cu_3O_x$, $(Bi_{1,8}Pb_{0,33})Sr_{1,87}Ca_2Cu_3O_x$, $(Bi_{1,8}Pb_{0,33})Sr_{1,87}Ca_{2,05}Cu_{3,05}O_x$ ir $(Bi_{1,8}Pb_{0,33})Sr_{1,87}Ca_{2,5}Cu_{3,5}O_x)$) ir oksidacinėje katalizėje. $Bi_2O_3$ taip pat plačiai naudojamas stiklo ir keramikos pramonėje. Dėl žemos lydymosi, aukštos virimo temperatūros ir žemos neutronų absorbcijos bismutas naudojamas kaip aušinimo reagentas branduoliniuose reaktoriuose. Bismuto telūridas ($Bi_2Te_3$) ir selenidas ($Bi_2Se_3$) yra puslaidininkiai ir puikios termoelektrinės medžiagos. Pagaminti diodai naudojami mobiliuose šaldytuvuose, procesoriaus aušintuvuose ir kaip detektoriai infraraudonųjų spindulių spektrofotometruose.

Bismutas nevaidina biologinio vaidmens. Mažiau toksiškas nei kaimyniniai švinas, stibis ar polonis. Yra vienas iš mažiausiai toksiškų sunkiųjų metalų.

84
**Po**
[208,982]

# 84. Polonis (Po)




**553 pav.** Polonis

Polonis – sidabriškai pilkas radioaktyvus pusmetalis. Elementas pavadintas jį atradusios mokslininkės, pirmosios Nobelio premijos laureatės moters Marie Sklodowskos-Curie (1867–1934) tėvynės – Lenkijos (lot. *Polonia*) – garbei. Tuo metu Lenkija buvo pavergta Rusijos. Taip mokslininkė norėjo parodyti pasauliui savo valstybės siekį būti nepriklausoma. Ši fizikė kartu su vyru Pierre'u Curie (1859–1906) 1898 m. elementą aptiko urano rūdose.

Tai pirmasis elementas, aptiktas pagal jo radioaktyvumą. Pašalinus iš rūdos uraną ir torį, likutis vis dar buvo radioaktyvus. Iš 1 000 t urano rūdos galima išgauti apie 40 mg polonio. Polonis yra labai radioaktyvus, neturintis stabilių izotopų. Jo pusėjimo trukmė yra 138 dienos. Cheminės savybės panašios ir į seleno, telūro, ir į talio, švino bei bismuto. Radioaktyviojo skilimo metu polonis išskiria alfa daleles. Dėl savo nestabilumo gamtoje jis labai retas. Polonio miligramai pagaminami neutronais veikiant bismutą. Komercijai polonis gaminamas tik Rusijoje. Polonio naudojimas yra susijęs su jo radioaktyvumu: kosminių zondų šildytuvuose, nes radioaktyviojo skilimo metu kyla temperatūra, antistatiniuose įtaisuose, kaip neutronų ir alfa dalelių šaltiniai ir nuodai.

**554 pav.** Marie Sklodowska-Curie ir Pierre'as Curie

Polonis labai pavojingas žmogui. Manoma, kad nuo polonio radiacijos mirė atradėjų dukra, taip pat garsi fizikė Irene Joliot-Curie. Ji netyčia buvo apšvitinta 1946 m., kai bandė užlydyti buteliuką su viduje esančiu poloniu. Mirė 1956 m. nuo leukemijos (polonis kaupėsi kaulų čiulpuose). 2006 m. buvęs Rusijos KGB karininkas A. Litvinenko buvo nunuodytas poloniu-210. Tai pirma tokia žmogžudystė. Greičiausiai niekada nebus atskleista panaudota medžiaga, bet manoma, kad

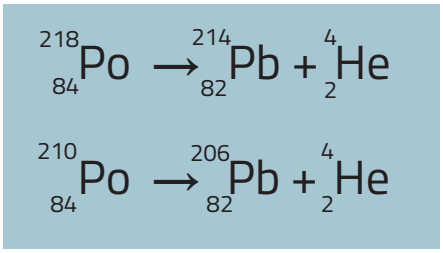
$$^{209}_{83}\mathrm{Bi} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{210}_{83}\mathrm{Bi} + \gamma;$$

$$^{210}_{83}\mathrm{Bi} \longrightarrow {}^{210}_{84}\mathrm{Po} + {}^{0}_{-1}\beta$$

**555 pav.** Polonio sintezės schema

84
**Po**
[208,982]

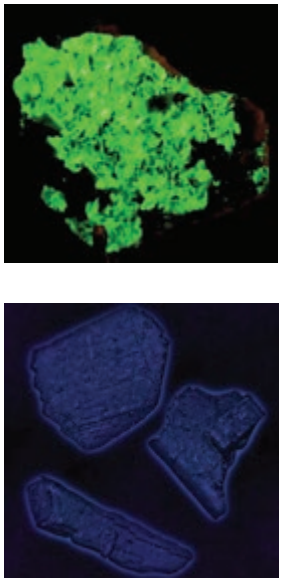
tai buvo polonio chloridas ($PoCl_2$), kuris yra tirpus vandenyje. Žmogžudystė ne chemine medžiaga, bet radioaktyviąja spinduliuote, būtent α-dalelėmis. Nors α-spinduliuotę sustabdo popieriaus lapas, ji visiškai sunaikina gyvąsias ląsteles. A. Litvinenko organizmas buvo bombarduojamas milijonu α-dalelių kiekvieną sekundę. Jos naikina kraujo kūnelius, imuninę sistemą, sunaikina kepenis.




**556 pav.** Polonio skilimas

# 85. Astatis (At)

85
At
209,987




**557 pav.** Astatis

Astatis – tamsus, blizgus radioaktyvus nemetalas, paskutinysis penktasis halogenas. Elemento pavadinimas, kaip ir visų halogenų, susietas su elemento savybe. Astatis yra labai nestabilus radioaktyvus elementas: graikiškai *astatos* yra nestabilus.

Nuo 1931 m. keletas mokslininkų grupių skelbėsi atradę astatį, tačiau antrą kartą niekam nepavykdavo pakartoti eksperimento. 1940 m. Dale'as Raymondas Corsonas (1914–2012), Kennethas Rossas MacKenzie'is (1912–2002) ir Emilio Segre (1905–1989) išskyrė šį elementą Kalifornijos universitete, Berklyje. Užuot ieškoję elemento gamtoje, mokslininkai susintetino jį bombarduodami bismutą-209 alfa dalelėmis ciklotrone (dalelių greitintuve). Išsiskyrus dviem neutronams, susidarė astatis-211. 1943 m. Berta Karlik ir Traude Bernert astatį atrado natūralaus radioaktyviojo skilimo produktuose.

85
**At**
209,987

Astatis yra pats rečiausias natūraliai Žemės plutoje randamas elementas. Iš viso astačio gamtoje galėtų būti mažiau nei 30 g. Jis susidaro torio ir urano rūdose radioaktyviojo skilimo metu. Sintetinamas alfa dalelėmis bombarduojant bismutą:

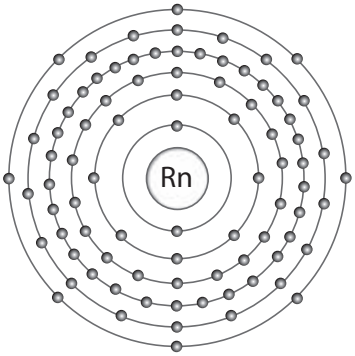
$$^{209}_{83}Bi + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{211}_{85}At + 2\,{}^{1}_{0}n.$$

Gryno elemento pavyzdys niekada nebuvo surinktas, nes bet koks makroskopinis mėginys nedelsiant būtų išgarintas jo paties radioaktyvumo išskiriamos šilumos. Iki šiol buvo pagaminti tik keli mikrogramai astačio. Visi astačio izotopai yra labai nestabilūs. Pats stabiliausias yra astatis-210, jo pusėjimo trukmė yra 8,1 valandos. Dauguma astačio fizikinių savybių yra ekstrapoliuotos atliekant įvairius skaičiavimus.

Nors astačio savybės labiau panašios į jodo, kai kurios yra artimos metališkoms polonio ir bismuto savybėms. Kadangi elementas nestabilus, cheminės savybės nėra pakankamai ištirtos. Kai kurios savybės buvo tiriamos labai praskiestuose tirpaluose, kuriuose astačio koncentracija buvo žemesnė nei $10^{-10}$ mol/L. Tiriamas naujai susintetintų astačio-211 junginių panaudojimas branduolinėje medicinoje. Jie gali būti taikomi įvairiems vėžiniams navikams ir metastazėms naikinti. Astačiui skylant išsiskiria alfa dalelės. Šiuo metu radiomedicinoje naudojamas radioaktyvusis jodo-131 izotopas, kuriam skylant išsiskiria ir labai didelės energijos beta dalelės (astačio skilimo metu jų nebūna). Alfa dalelės gali pereiti maždaug pro 70 μm žmogaus audinio, o beta dalelės vos ne 30 kartų toliau – pro 2 mm. Jeigu navikas yra labai arti pagrindinių gerųjų žmogaus ląstelių ar nėra labai didelis, radiaciniam gydymui geriau naudoti greičiau skylančias ir mažesne prasiskverbimo galia pasižyminčias alfa daleles. Taigi astatis galėtų būti efektyviai panaudotas vėžiu sergančių pacientų gydymui, tačiau pagaminti didesnį jo kiekį, kad visiems užtektų, tebėra didelė problema. Astatis labai pavojingas žmogui.

# 86. Radonas (Rn)

86
Rn
222,018



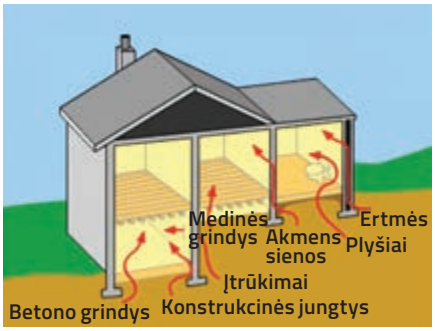

**558 pav.** Radonas

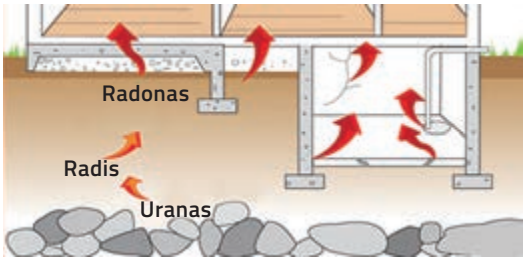
Radonas – radioaktyvus elementas, bespalvės, bekvapės, beskonės, labai sunkios, švytinčios tamsoje monoatomės inertinės dujos. Radono pavadinimas susijęs su radžiu, nes radono radioaktyvios dujos dažnai atsiranda kaip radžio skilimo produktas. Pavadinimo galūnė yra tokia, kaip ir daugumos inertinių dujų.

Radonas buvo penktasis atrastas radioaktyvus elementas po urano, torio, radžio ir polonio. 1900 m. radoną atrado Vokietijos chemikas Friedrichas Ernstas Dornas (1848–1916), tačiau jau 1899 m., tyrinėdami torio preparatus, anglų mokslininkai Ernestas Rutherfordas (1871–1937) ir Robertas B. Owensas (1870–1940)

**559 pav.** Friedrichas Ernstas Dornas, Ernestas Rutherfordas ir Robertas B. Owensas

86
Rn
222,018



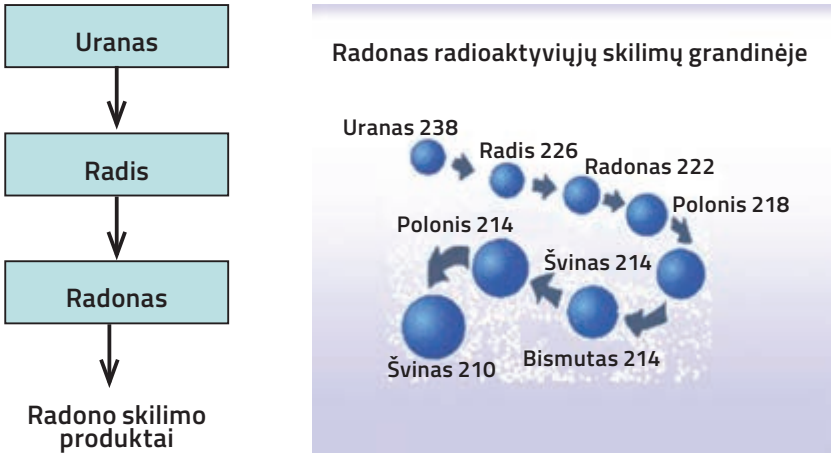



**560 pav.** Radonas patalpose

nustatė, kad jie į orą skleidžia iki tol nežinomą radioaktyvią medžiagą. Seras Williamas Ramsay'us 1904 m. patvirtino, kad nuolat iš urano ir torio išsiskiriančios radioaktyvios dujos (emanacija) yra naujos inertinės dujos.

Labai maži radono kiekiai yra gamtiniuose vandenyse (šaltiniuose, geizeriuose). 1950 m. buvo nustatyta, kad radonas kaupiasi patalpose. Tam tikra radono koncentracija yra beveik visuose pastatuose: dažniausiai jis patenka į pastatą tiesiai iš dirvožemio per pamatus. Tiekiamame vandenyje esantis radonas taip pat gali padidinti radono lygį patalpų ore. Tipiški radono patekimo į pastatus taškai yra pamatų, sienų įtrūkimai, konstrukcijų jungtys, pakabinamų grindų tarpai, ertmės sienų viduje, tarpai tarp vamzdžių ir vandens tiekimas. Radono koncentracija toje pačioje vietoje per 1 valandą gali skirtis du kartus. Be to, koncentracijos gretimuose vieno pastato kambariuose gali gerokai skirtis.

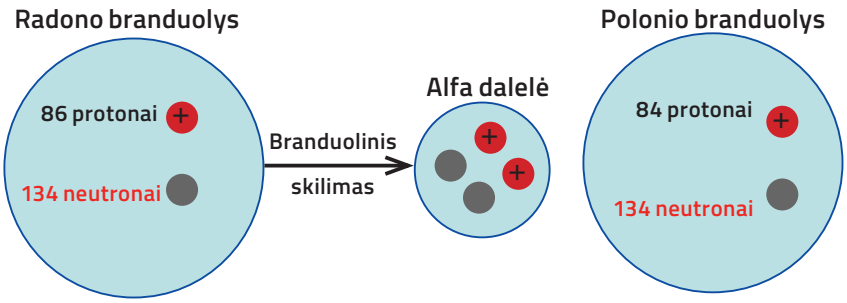
Radonas irgi yra vienas rečiausių Žemės cheminių elementų. Atšaldytas skystėja ir virsta bespalviu skysčiu, kuris žemesnėje nei –71 °C temperatūroje tampa geltonas, o žemesnėje nei –180 °C temperatūroje – oranžiniai raudonas. Tai sunkiausios dujos, mažai tirpios vandenyje. Stabiliausio radono izotopo $^{222}$Rn pusėjimo trukmė yra 3,8 dienos. Tačiau jis nuolat pasipildo torio ir urano rūdose




**561 pav.** Radono susidarymas

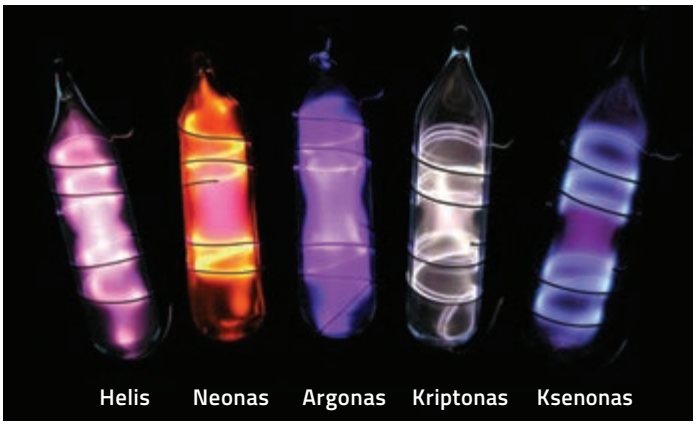
įvairių radioaktyviųjų skilimų metu, daugiausia skylant radžiui-226. Manoma, kad taip nuolat pasigamina (atsinaujina) iki kelių dešimčių gramų radono.

Radono dujos paprastai laisvai migruoja pro grunto įtrūkimus ir suskaidytą dirvožemį ir gali kauptis urvuose ar vandenyje. Didėjant atstumui nuo gamybos vietos, dėl labai trumpos pusėjimo trukmės radono koncentracija labai greitai mažėja. Radono koncentracija labai priklauso nuo sezono ir atmosferos sąlygų. Skylant radonui susidaro kiti radioaktyvūs branduoliai, alfa dalelės, skilimas baigiasi, kai susidaro stabilus $^{210}$Pb švino izotopas. 1962 m. buvo susintetintas pirmasis radono junginys. Radonas nėra reaktingas.




**562 pav.** Radono susidarymas ir skilimas

86
Rn
222,018



**563 pav.** Inertinių dujų švytėjimas

Radonas ir jo skilimo produktai mažina leukocitų kiekį kraujyje, ardo kaulų čiulpus, gali sukelti spindulinę ligą. Radonas yra dujinis, todėl įkvėptas gali sukelti plaučių vėžį. Manoma, kad tai antroji po rūkymo plaučių vėžio priežastis. Radonas naudojamas onkologinėje terapijoje: ampulė su radono dujomis implantuojama į auglį (*in situ* veikimas). Šiuo metu medicinoje ir radioterapijoje dažniau naudojami kiti, saugesni, radioaktyvieji šaltiniai. Radonas naudojamas ieškant urano ir torio, požeminiuose dujotiekiuose nustatant dujų nuotėkį, tikrinant dujokaukes. Pagal radono koncentracijos dinamiką požeminiuose vandenyse galima prognozuoti žemės drebėjimus.

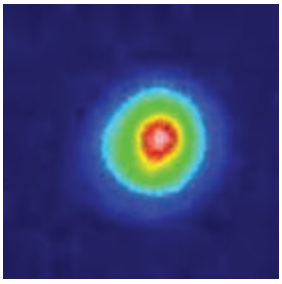
Gal radonas galėtų švytėti kaip visos inertinės dujos? Radonas nevaidina biologinio vaidmens, bet manoma, kad veikia evoliucijos procesą. Jis yra atsakingas už natūralią Žemės radioaktyviąją spinduliuotę, galinčią sukelti genų mutaciją. Radonas labai pavojingas. Dideli radiacijos kiekiai sukelia vėžinius susirgimus. Jo didesnės koncentracijos ypač gali būti įvairiose kasyklose. Radono

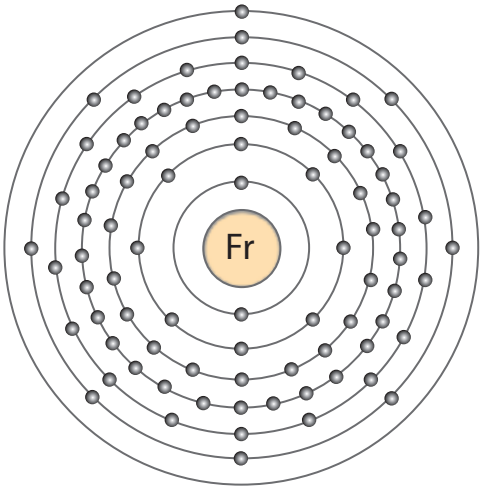
dujų kokybiniam ir kiekybiniam nustatymui naudojama nesudėtinga aparatūra – įvairūs detektoriai.

**564 pav.** Radono detektoriai

87
Fr
223,020

# 87. Francis (Fr)





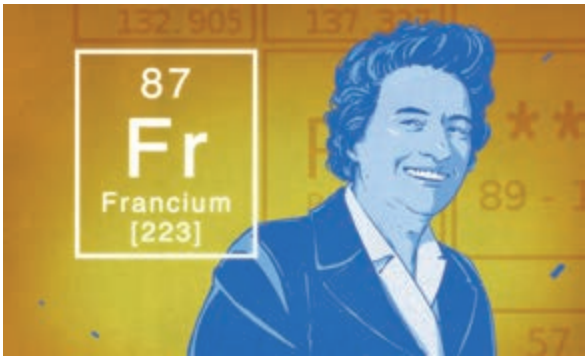

**565 pav.** Francis

Francis – radioaktyvus, nestabilus metalas. Visi 22 žinomi izotopai yra radioaktyvūs. Francį 1939 m. atrado prancūzė Marguerite Catherine Perey (1909–1975), grynindama lantano pavyzdžius, kuriuose buvo aktinio. Ji buvo Marie Curie studentė.

Elementas pavadintas Prancūzijos garbei. Francio-223 izotopas natūraliai susidaro urano ir torio uolienose, kai skyla aktinis-227 ir išsiskiria alfa dalelės. Žemėje jo yra mažiau nei 30 g. Francio kieta medžiaga niekada nebuvo užfiksuota ir parodyta. Jis gali būti susintetintas branduolinės reakcijos metu:

$^{197}Au + {}^{18}O \rightarrow {}^{210}Fr + 590232{,}038Th.$

Francio savybės turėtų būti panašios į cezio.

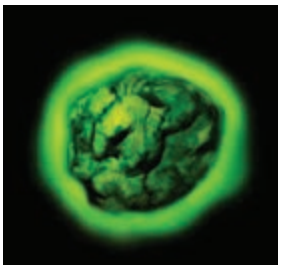


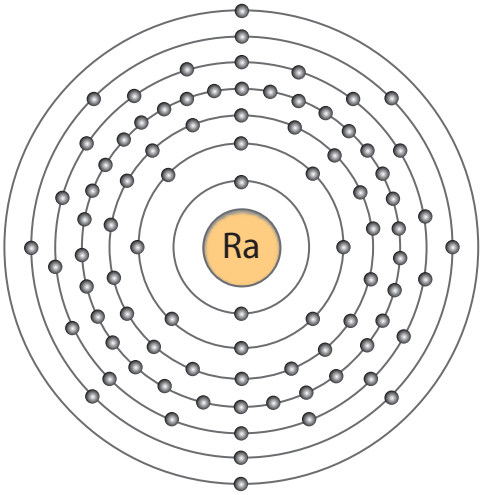

87
Fr
223,020

**566 pav.** Marguerite Catherine Perey

88
Ra
226,025

# 88. Radis (Ra)






**567 pav.** Radis

Radis – baltas, blizgus, sunkiausias iš šarminių žemių radioaktyvus metalas. Lydosi 700 °C temperatūroje. Visi radžio izotopai yra radioaktyvūs. Radžiui būdingas spinduliavimas, todėl atitinkamai ir pavadintas (lot. *radius* – spindulys).

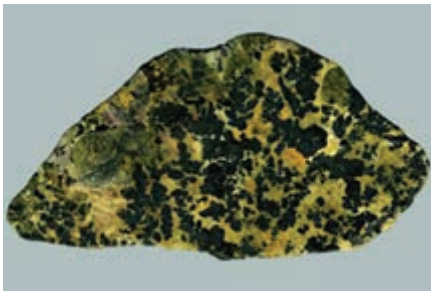
Randamas uraninite ir visose kitose urano ar torio rūdose. Vienoje uraninito tonoje yra apytiksliai 1/7 g radžio. 1898 m. radį $RaCl_2$ forma atrado Marie ir Pierre'as Curie, išekstrahavę radžio chloridą iš radioaktyvaus mineralo uraninito ($UO_2$, ir $U_3O_8$ bei švino oksidai ir kt.). Radis izoliuotas metališkos būsenos elektrolizuojant radžio chloridą – tą padarė Marie Curie ir André-Louis Debierne 1910 metais.

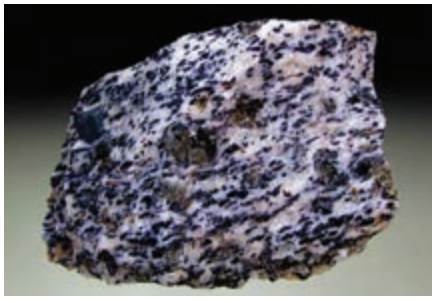
Radžio cheminės savybės artimos bariui, tačiau dėl radioaktyvumo nelabai išsamiai tyrinėtos. Ore radžiui sąveikaujant su azotu, paviršius patamsėja. Stabiliausias yra radis-226, jo skilimo (pusėjimo) trukmė yra 1 600 metų. Radžiui skylant susidaro junginiai, galintys sukelti medžiagų fluorescenciją

**568 pav.** Marie ir Pierre'as Curie

(radioliuminescencija). Ore radis gali sudaryti radžio nitridą ($Ra_3N_2$). $Ra^{2+}$ jonų vandeniniai tirpalai yra bespalviai. Anksčiau radis buvo naudojamas kaip šviečiantys dažai laikrodžiuose, branduolinėse plokštėse, orlaivių jungikliuose, prietaisų skalėse, audinių juostose.

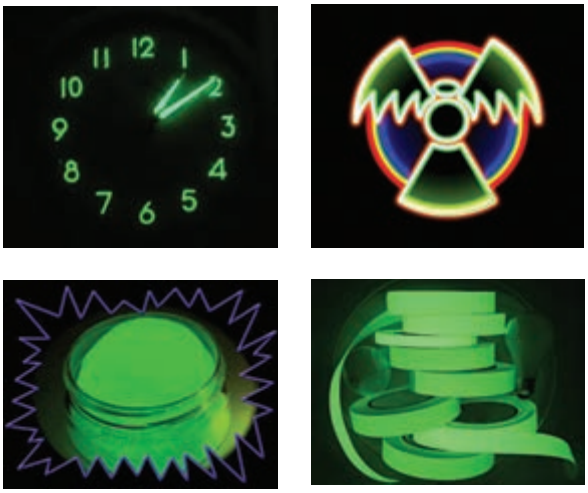
Radis nėra reikalingas elementas gyvam organizmui. Naudojamas branduolinėje medicinoje vėžinėms ląstelėms švitinti ir naikinti. JAV leidžiama radžiu švitinti kauluose esančias metastazes. Radis tebenaudojamas kaip radioaktyviosios spinduliuotės šaltinis radiografijoje (panašiai kaip rentgeno spinduliai).





**569 pav.** Uraninitas

88
**Ra**
226,025

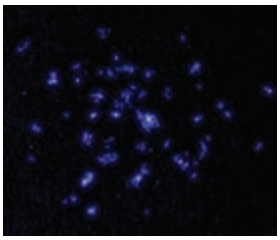


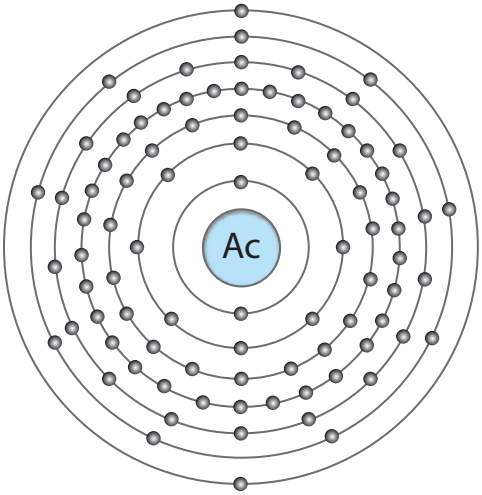
**570 pav.** Radžio panaudojimas

**571 pav.** Radžio panaudojimas medicinoje

# 89. Aktinis (Ac)

89
Ac
227,028






**572 pav.** Aktinis

Aktinis – minkštas, sidabriškai baltas radioaktyvus metalas. Visi izotopai nestabilūs.

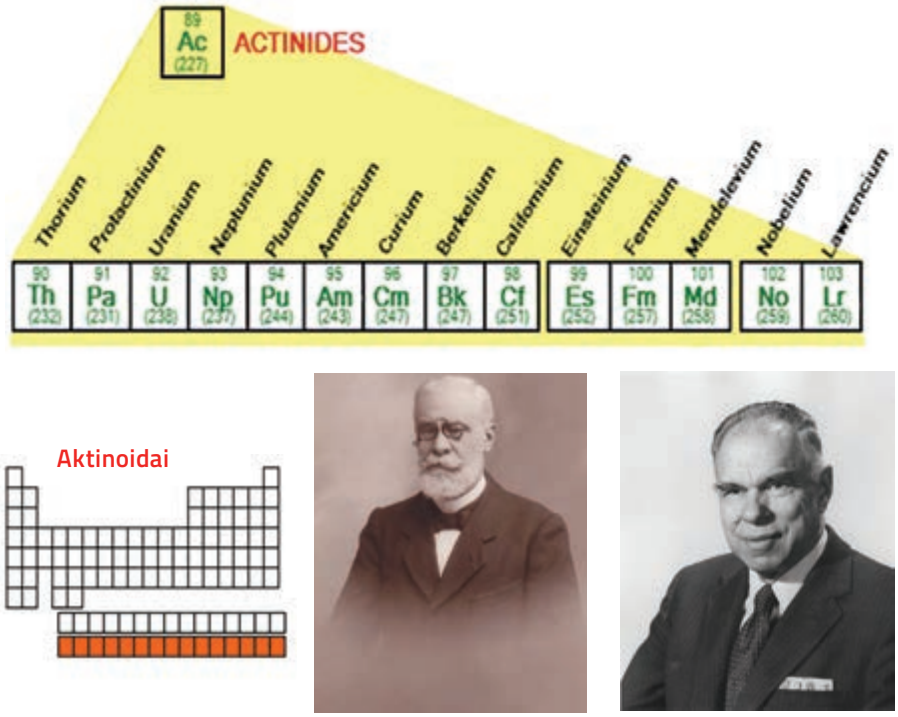
Aktinį 1899 m. urano okside atrado prancūzų chemikas André-Louis Debierne (1874–1949). Vokiečių chemikas Friedrichas Oskaras Gieselis (1852–1927) 1902 m. jį taip pat atrado, nes nežinojo, kad jau atrastas, ir pavadino emaniu (*emanium*).

Aktinis, polonis, radis ir radonas – pirmieji atrasti radioaktyvūs elementai. Pavadinimą lėmė tai, kad aktinis yra radioaktyvus elementas: gr. *actis*, *aktinos* reiškia „šviesos pluoštas“. Aktiniu pavadinta visa 15 elementų tarp aktinio ir laurencio grupė – aktinoidai. Visų elementų savybės yra labai panašios, kaip ir lantanoidų. Priskirti elementus aktinoidų grupei 1928 m. pasiūlė prancūzų inžinierius Charles'is Janet (1849–1932) ir 1945 m. – amerikiečių chemikas, fizikas Glennas Theodore'as Seaborgas (1912–1999).

89
**Ac**
227,028

**573 pav.** André-Louis Debierne ir Friedrichas Oskaras Gieselis

Metalinis aktinis buvo gautas redukuojant aktinio fluoridą ($AcF_3$) ličio garais vakuume 1 100–1 300 °C temperatūroje. Aktinio stabiliausio izotopo Ac-227 pusėjimo trukmė yra 21,77 metų. Nedideliais kiekiais randamas urano ir torio rūdose,



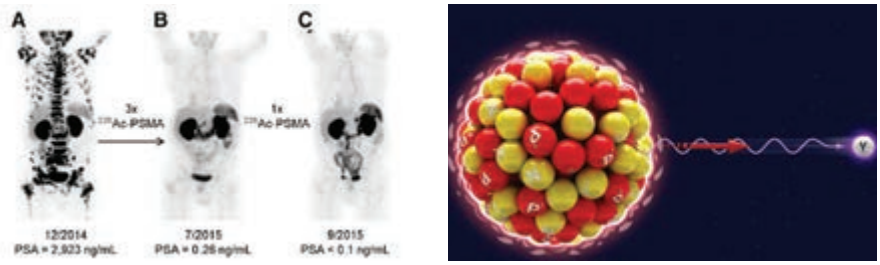





**574 pav.** Aktinoidai, Charles'is Janet ir Glennas Theodore'as Seaborgas

daugiausia uraninite. Vienoje tonoje uraninito tėra keletas miligramų Ac-227. Taip pat gaminamas branduoliniame reaktoriuje švitinant radį (236 Ra) ar aktinio fluoridą neutronais bei redukuojant ličio garais. Aktinis švyti tamsoje šviesiai melsva spalva. Cheminės savybės panašios į lantano ir kitų lantanoidų. Reaguoja su deguonimi ir vandeniu. Būdinga oksidacijos būsena yra +3.

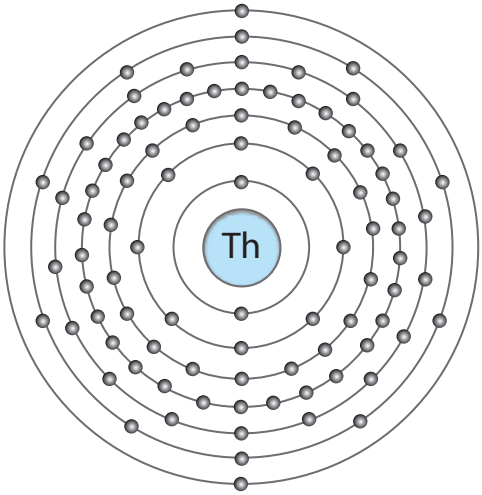
Aktinis naudojamas onkologinėje radioterapijoje kaip alfa dalelių šaltinis. Aktinio oksidas, supresuotas su beriliu, naudojamas kaip neutronų šaltinis. Jų pagrindu pagaminti prietaisai gali būti naudojami drėgmei dirvožemyje, kelių konstrukcijose nustatyti, neutronų radiografijoje, tomografijoje ir kituose radiocheminiuose tyrimuose. Būdamas retas, brangus ir radioaktyvus neturi plataus pramoninio pritaikymo. Dėl aktyvaus radioaktyvumo yra labai kenksmingas.




**575 pav.** Aktinio panaudojimas

90
Th
232,038

# 90. Toris (Th)




**576 pav.** Toris

Toris – minkštas, sidabriškai baltas, kalus, silpnai radioaktyvus metalas. Visi izotopai yra nestabilūs, radioaktyvūs. Gamtoje dominuoja $^{232}$Th torio izotopas, kurio pusėjimo trukmė yra labai ilga – $1{,}405 \cdot 10^{10}$ (14,05 bilijonų) metų, t. y. panašiai tiek metų, kiek yra Visatai. Iš radioaktyvių elementų tik toris, uranas ir radioaktyvusis bismuto izotopas dideliais kiekiais randami Žemės plutoje. Torio yra apie tris kartus daugiau nei urano, kažkiek daugiau nei alavo, panašiai tiek, kiek yra švino. Torį 1829 m. atrado norvegų mineralogas Mortenas Thrane'as Esmarkas (1801–1882), ir tą patvirtino garsusis švedų chemikas Jönsas Jacobas Berzelius. Pastarasis torį pavadino senovės germanų gamtos stichijos ar Skandinavijos, Šiaurės šalių griaustinio ir karo dievo Toro garbei. Metalinį torį 1914 m. pirmą kartą izoliavo olandų mokslininkai Dirkas Lely'is Jr. ir Lodewijkas Hamburgeris.

**577 pav.** Toras



Toriui lėtai skylant susidaro alfa dalelės, ir skilimas baigiasi $^{208}Pb$ izotopo susidarymu:

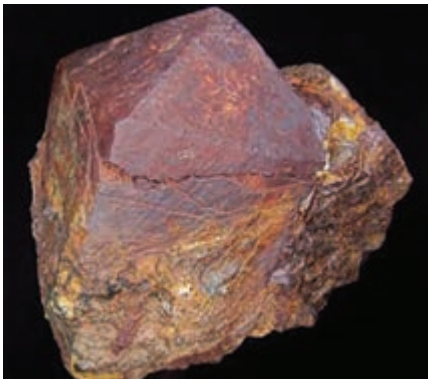
**$^{232}Th \rightarrow {}^{228}Ra + {}^{4}He$ (alfa dalelė).**

Mineralai, kuriuose yra torio, dėl nuolatinio torio radioaktyviojo skilimo metu išsiskiriančios šilumos paprastai yra amorfiniai ir išlaiko tik išorinę kristalų formą. Pavyzdžiu gali būti ekanitas ($(Ca, Fe, Pb)_2(Th, U)Si_8O_{20}$). Monazitas yra pagrindinis torio mineralas. Jame torio yra apie 2,5 %, o kai kuriuose nuosėdiniuose sluoksniuose jo gali būti ir apie 20 %. Panašus kiekis torio yra ir alanite (įvairių metalų silikatai-hidroksidai), cirkone ($ZrSiO_4$). Torio dioksido mineralas torianitas, torio silikato ($ThSiO_4$) toritas yra labai reti. Daugiausia torio pagamina Indija, Brazilija, Australija, JAV.

Toris su kitais metalais sudaro lydinius, pagerindamas kai kurias jų savybes. Toris ir uranas yra labiausiai ištirti aktinoidai, kadangi jų radioaktyvusis skilimas yra lėtas. Sąveikaudamas ore su deguonimi toris patamsėja, susidaro torio dioksidas ($ThO_2$). Dominuojantis oksidacijos laipsnis junginiuose yra +4. Torio cheminės savybės labiau panašios į cirkonio ir hafnio nei į lantanoido cerio. Torio junginiai yra bespalviai arba gelsvi. Neatsparus korozijai, nes jame labai dažnai yra torio dioksido priemaišų, skatinančių torio koroziją. Toris gerai tirpsta druskos ir koncentruotoje azoto rūgštyse. Yra žinoma labai daug įvairių torio junginių.

Nuo 1885 m. toris buvo naudojamas įvairiems tikslams. Ir tik 1898 m. vokiečių chemikas Gerhardas Carlas Schmidtas (1865–1949) pastebėjo jo radioaktyvumą.

90
Th
232,038

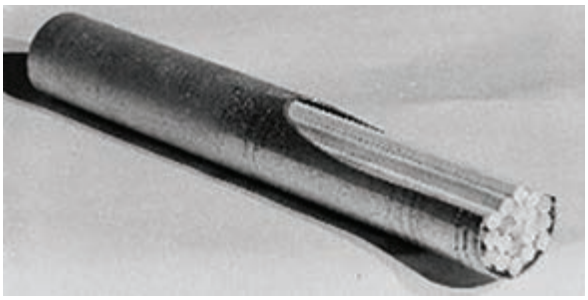


**578 pav.** Ekanitas, balanitas, torianitas ir toritas

Tai antras elementas po urano (1896 m.), kuriam buvo nustatytas radioaktyvumas. Dar 1920 m. torio radioaktyviąja spinduliuote buvo gydomas artritas, diabetas, impotencija. Tačiau tokiems ligoniams vėliau pasireikšdavo leukemija ir kiti labai rimti negalavimai. Maždaug nuo 1950 m. toris naudojamas tik radioaktyvumui išgauti.

Torio dioksidas lydosi labai aukštoje temperatūroje (3 300 °C). Liepsnoje jis išlieka kieta medžiaga, o liepsna tampa daug ryškesnė, šviesesnė, todėl torio oksidas buvo naudojamas dujinių lempų apvalkalams. Iš jo buvo gaminama aukštai temperatūrai atspari keramika (pavyzdžiui, cheminiai tigliai). Torio oksidas naudojamas kaip katalizatorius amoniaką paverčiant azoto rūgštimi.

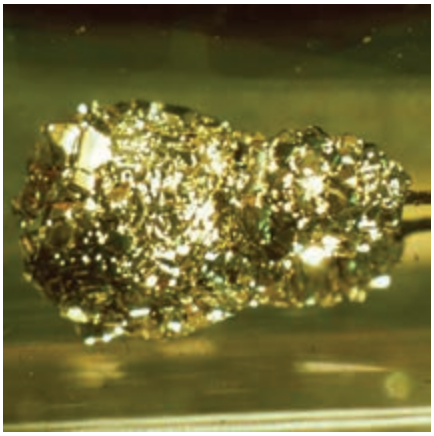
Kartais toris naudojamas branduolinėse jėgainėse kaip kuras vietoj urano. Privalumas yra tas, kad torio gamtoje yra daug daugiau nei urano. Tačiau dėl skleidžiamo radioaktyvumo jis yra ir daug pavojingesnis už uraną.

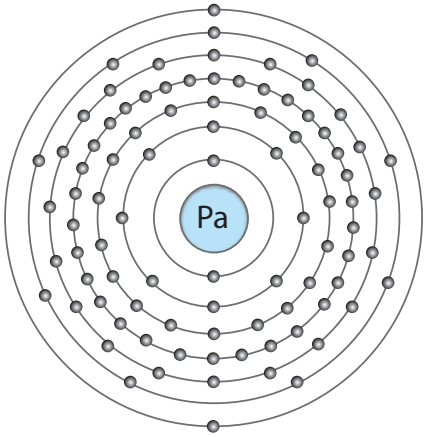


**579 pav.** Torio panaudojimas

91
Pa
231,036

# 91. Protaktinis (Pa)






**580 pav.** Protaktinis

Protaktinis – sidabriškai pilkas, tankus radioaktyvus metalas. Visi 29 izotopai yra nestabilūs, radioaktyvūs.

Protaktinį 1913 m. atrado lenkų kilmės amerikiečių chemikas Kasimiras Fajansas (1887–1975) ir jo mokinys vokiečių chemikas Oswaldas Helmuthas Göhringas (1889–1915). 1915 m. protaktinį atrado ir škotų bei anglų chemikai Johnas Arnoldas Cranstonas (1891–1972), Frederickas Soddy (1877–1956) ir Ada Hitchins (1891–1972). Kitą protaktinio izotopą 1917–1918 m. atrado vokiečių chemikas Otto Hahnas (1879–1968) ir austrų fizikė Lise Meitner (1878–1968).

Protaktinio radioaktyviojo skilimo metu, išsiskiriant alfa dalelėms, susidaro aktinis. Taigi protaktinis yra tam tikra aktinio pradinė forma (gr. *protos* – esantis prieš kažką, pasirodantis anksčiau, pirmasis). Iš čia kildinamas protaktinio pavadinimas. Anksčiau buvo vadinamas protoaktiniu.

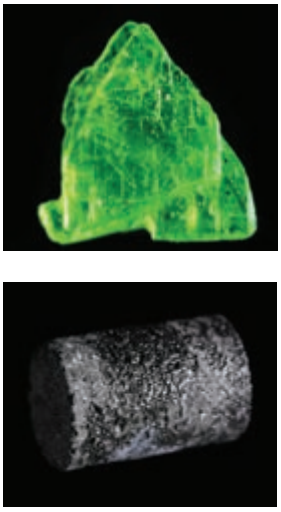
Protaktinis yra labai retas ir gana brangus elementas. Nedideliais kiekiais randamas uraninite. Stabiliausias izotopas, susidarantis skylant uranui-238, yra $^{231}$Pa, kurio pusėjimo trukmė yra 32,76 metų. 1927 m. vokiečių chemikas Aristidas von

**581 pav.** Kasimiras Fajansas, Johnas Arnoldas Cranstonas, Frederickas Soddy ir Lise Meitner

Grosse'ė (1905–1985) pagamino 2 mg protaktinio oksido ($Pa_2O_5$) ir 1934 m. izoliavo metalinį protaktinį iš 0,1 mg oksido. 1961 m. Didžiojoje Britanijoje iš 60 t radioaktyviųjų atliekų buvo susintetinta 127 g protaktinio, kurio kaina buvo 500 000 JAV dolerių. Protaktinio fizikinės savybės panašios į torio ir urano savybes. Protaktinis tankesnis ir kietesnis už torį, bet lengvesnis už uraną. Aktyviai reaguoja su oro deguonimi, vandeniu ir neorganinėmis rūgštimis. Dažniausias oksidacijos laipsnis yra +5. Dėl didelio radioaktyvumo protaktinis yra labai toksiškas ir naudojamas tik moksliniuose tyrimuose.

92
U
238,029

# 92. Uranas (U)




**582 pav.** Uranas

Uranas – sidabriškai baltai pilkas, truputį minkštesnis už plieną, kalus, silpnai radioaktyvus metalas. Visi izotopai yra nestabilūs, radioaktyvūs.

Urano elementą uraninite 1789 m. atrado vokiečių chemikas Martinas Heinrichas Klaprothas (1743–1817) ir pavadino 1781 m. atrastos Urano planetos vardu (toks yra ir graikų dangaus dievo vardas).

Pasaulinės urano atsargos sudaro apie 3–5 mln. tonų (apie 31 % yra Australijoje). Uranas randamas daugelyje mineralų (branerite, karnotite, autunite, uranofane, torbemite, kofinite). Pagrindinė rūda, iš kurios išgaunamas uranas, – uraninitas ($U_3O_8$), tipiškas urano kiekis joje – iki 0,1 %.

Natūralioje aplinkoje aptinkami trys urano izotopai: U-238 (apie 99,27 %, pusėjimo trukmė yra 4,468 mlrd. metų), U-235 (apie 0,72 %, pusėjimo trukmė – 703,8 mln. metų) ir U-234 (apie 0,0055 %). Taigi urano radioaktyvumas yra silpnas (pavyzdžiui, polonio (Po) pusėjimo trukmė yra 138 dienos). Prancūzų chemikas Eugene-Melchioras Peligot (1811–1890) 1841 m. pirmasis izoliavo metalinį uraną, kaitindamas urano tetrachloridą ($UCl_4$) su metaliniu kaliu. Urano

**583 pav.** Uranas

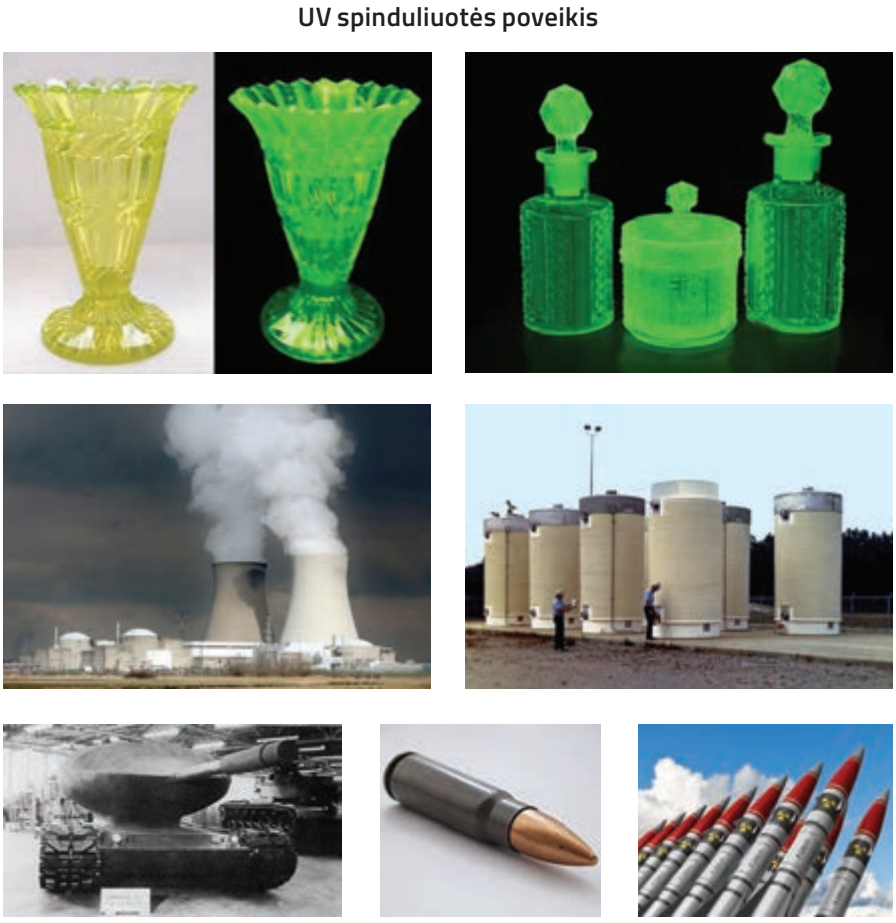
radioaktyvumą 1896 m. atrado prancūzų fizikas ir inžinierius Antoine'as Henris Becquerelis (1852–1908). Vėlesni Otto Hahno (1879–1968), Lise Meitner (1878–1968), italų fiziko, ilgą laiką dirbusio JAV, Enrico Fermi (1901–1954), amerikiečių fiziko Juliaus Roberto Oppenheimerio (1904–1967) tyrimai leido panaudoti urano radioaktyvumą pramonėje. Urano gavybos pagrindinė produkcija yra geltonos spalvos urano oksidų mišinys, iš kurio išgaunamas metalinis uranas. Pasaulinė metinė urano gamyba siekia 30–40 tūkst. tonų. Pagrindiniai gamintojai yra Kazachstanas, Kanada, Australija, Nigeris, Namibija, Rusija.

Uranas yra labai tankus ir sunkus, 65 % tankesnis už šviną. Susmulkintas uranas yra labai degus. Aukštesnėje temperatūroje reaguoja su deguonimi, vandeniliu ir beveik su visais kitais nemetalais. Tirpsta druskos ir azoto rūgštyse. Junginiuose urano pagrindinės oksidacinės būsenos yra +4 ir +6. Jo cheminės savybės panašios į molibdeno ir volframo.

Anksčiau uranas buvo naudojamas siekiant išgauti geltoną stiklo bei keramikos spalvą. UV šviesoje urano stiklas švyti žalsvai. U-235 urano izotopas yra

**584 pav.** Uraninitas

92
U
238,029




**585 pav.** Urano panaudojimas

naudojamas branduolinėse reakcijose – atominiuose reaktoriuose ir branduoliniuose ginkluose. U-238 izotopas naudojamas Pu-239 plutonio izotopui išgauti:

$$^{238}_{92}U + n \; ER \; ^{239}_{92}U + \gamma, \beta^- \rightarrow \; ^{239}_{93}Np + \beta^- \rightarrow \; ^{239}_{94}Pu.$$

Gautas plutonis panaudojamas atominėse bombose. Pirmą kartą tokios atominės bombos 1945 m. buvo numestos ant Japonijos miestų Hirošimos ir Nagasakio. Skurdintas uranas (sudarytas beveik vien tik iš U-238 izotopų) yra naudojamas tankų balistiniams šarvams, iš jo daromos prieštankinių sviedinių

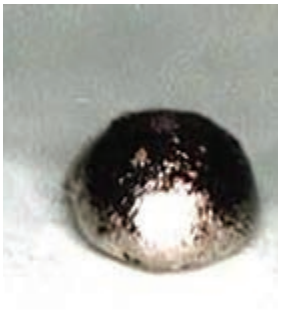
šerdys. Tokie didelio tankio sviediniai pasižymi galingesne prasiskverbimo galia.

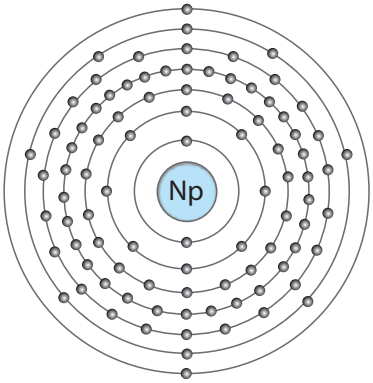
Ne karinėje srityje uranas daugiausia naudojamas kaip branduolinių elektrinių kuras. Branduolinėse elektrinėse naudojamas prisodrintas uranas – iki 3–5 % U-235 urano, nes gamtoje jo randama labai mažai. U-235 skilimo metu susidaro didelė neutronų koncentracija, todėl reikalingos juos absorbuojančios medžiagos. Kanadietiški „Candu“ reaktoriai naudoja neprisodrintą gamtinį uraną. Uraną naudojo ir Ignalinos atominė elektrinė. Neprisodrintas uranas kaip apsauginė medžiaga naudojamas kai kuriuose konteineriuose radioaktyviosioms medžiagoms laikyti ir gabenti. Nors pats metalas radioaktyvus, dėl didelio tankio jis yra veiksmingesnis už švinį – sulaiko stiprių šaltinių, tokių kaip radžio, radiaciją. Uranas naudojamas balistiniams tikslams oro transporto priemonėse, dėl didelio tankio – giroskopiniuose kompasuose. Uranilo acetatas naudojamas analizinėje chemijoje.

Nors uranas yra silpnai radioaktyvus metalas, tačiau urano kasyklose dirbę žmonės dažnai susirgdavo onkologinėmis ligomis, ypač plaučių vėžiu. Uranas į žmogaus organizmą patekdavo su dulkėmis arba geriamuoju vandeniu bei maistu. Organizme jis virsta uranilo jonais, kurie kaupiasi kauluose, kepenyse, inkstuose ir kituose audiniuose.

93
Np
237,048

# 93. Neptūnis (Np)





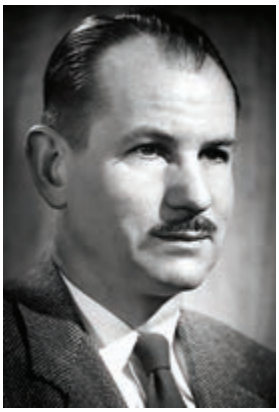

**586 pav.** Neptūnis

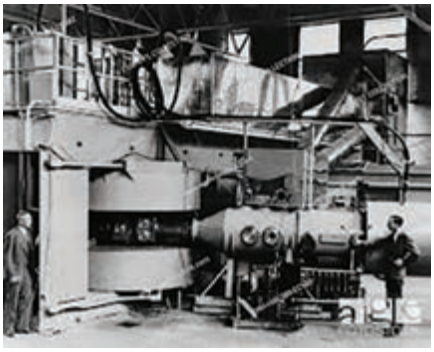
Neptūnis – kietas, sidabriškai pilkas, kalus, silpnai radioaktyvus metalas. Visi izotopai yra nestabilūs, radioaktyvūs.

Neptūnis buvo susintetintas 1940 m.: tą atliko amerikiečių fizikai Edwinas McMillanas (1907–1991) ir Philipas Hauge'as Abelsonas (1913–2004), uraną veikdami neutronais.

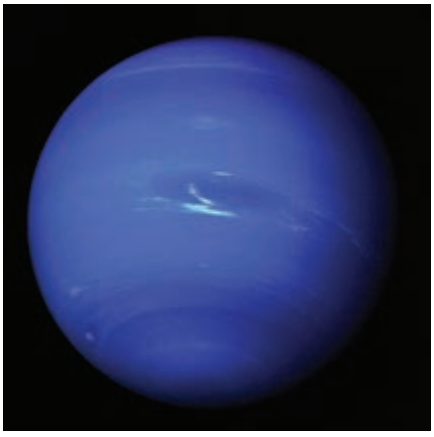
Kadangi cheminis elementas uranas buvo pavadintas pagal Urano planetą, todėl kitas transuraninis elementas, išgautas iš urano, buvo pavadintas tolimesnės už Urano planetos – Neptūno – garbei. Ilgiausiai gyvuojantis yra neptūnio-237 izotopas, susidarantis radioaktyviųjų reakcijų metu. Jo pusėjimo trukmė yra 2,3 dienos. Neptūnis-239 labai mažais kiekiais aptinkamas urano rūdose.

Susmulkintas neptūnis yra degus. Neptūnio oksidacijos laipsniai gali svyruoti nuo +3 iki +7. Stabiliausia oksidacijos būsena junginiuose yra +5. Pakankamai reaktingas. Neptūnio panaudojimas yra skurdokas. Naudojamas kaip pradinė medžiaga plutoniui-238 gauti. Buvo naudojamas aukštos energijos (MeV) neutronų jutikliuose. Neptūnis, susidarantis branduolinėse jėgainėse kaip šalutinis produktas, laikomas radioaktyviąja atlieka. Nuodingas, gali kauptis kauluose.





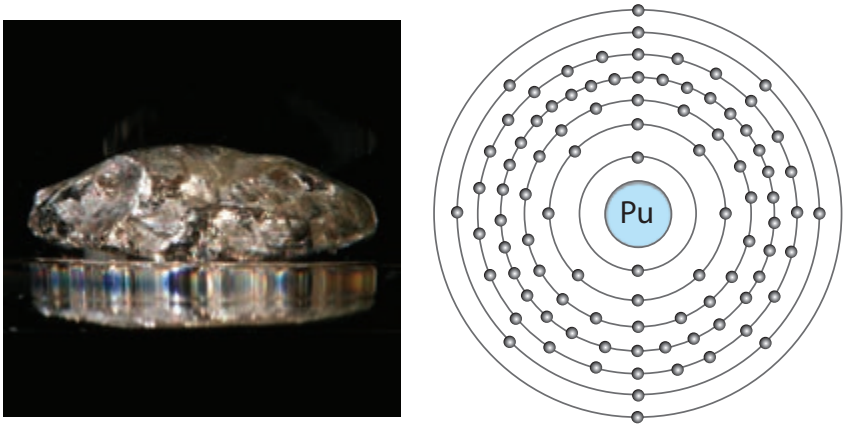
**587 pav.** Edwinas McMillanas ir Philipas Hauge'as Abelsonas



**588 pav.** Neptūnas

94
Pu
244,064

# 94. Plutonis (Pu)




**589 pav.** Plutonis

Plutonis – kietas, sidabriškai baltas radioaktyvus metalas. Visi apie 20 izotopų yra nestabilūs, radioaktyvūs. Paskutinis elementas, kuris dar randamas gamtoje.

1934 m. italų fizikas Enrico Fermi paskelbė, kad atrado 94 elementą. Jį pavadino hesperiu (*Hesperium*). Tačiau tai buvo įvairių elementų mišinys. Prie plutonio atradimo prisidėjo vokiečių mokslininkai Otto Hahnas ir Fritzas Strassmannas, taip pat jau minėti Lise Meitner ir Otto Frischas. 1940 m. plutonį susintetino amerikiečiai Glennas Theodore'as Seaborgas (1912–1999), Edwinas McMillanas (1907–1991), Josephas Williamas Kennedy'is (1916–1957) ir Arthuras Wahlas (1917–2006).

Elementas pavadintas už Neptūno esančios Plutono planetos vardu.

Labai nedideli plutonio kiekiai randami urano rūdose. Pagrindinis kiekis gaunamas branduoliniuose reaktoriuose. Metalinis plutonis gaunamas kalciu redukuojant plutonio tetrafluoridą. Stabiliausi izotopai yra plutonis-244, kurio pusėjimo trukmė 80,8 mln. metų, plutonis-242 – 373 300 metų ir plutonis-239 – mažiau nei 24 110 metų. Kitų žinomų izotopų pusėjimo trukmė yra mažesnė nei 7 000 metų. Populiariausi izotopai – plutonis-238 ir 239. Plutonis-239 susidaro urano

**590 pav.** Glennas Theodore'as Seaborgas, Josephas Williamas Kennedy'is ir Arthuras Wahlas

(U) sąveikos su neutronu (n) metu išspinduliuojant betą dalelę ($\beta^-$) per tarpinį elementą neptūnį (Np):

$$^{238}_{92}\mathrm{U} + ^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow ^{239}_{92}\mathrm{U} \xrightarrow[23{,}5\,\mathrm{min}]{\beta^-} ^{239}_{92}\mathrm{Np} \xrightarrow[2{,}3565\,\mathrm{d}]{\beta^-} ^{239}_{94}\mathrm{Pu}.$$

Būtent šis procesas naudojamas daugelyje atominių elektrinių. Gautas plutonis-239 yra pagrindinė elektrinių darbo atlieka, vadinama „bombų plutoniu". Plutonį-239 veikiant neutronais išsiskiria dar daugiau neutronų ir energijos – vyksta grandininė reakcija. Pasiekus kritinę masę, skilimo reakcija vyksta geometrine progresija ir įvyksta branduolinis sprogimas. Dėl to šis izotopas gali būti naudojamas atominiam ginklui gaminti.

**591 pav.** Plutonas

94
Pu
244,064

**592 pav.** Plutonio druskų tirpalai

Plutonis sudaro lydinius su kitais metalais. Deguonies atmosferoje greitai oksiduojasi. Plutonio cheminės savybės panašios į urano. Junginiuose būna kelių oksidacijos būsenų (nuo +3 iki +7). Smulkios metalo drožlės deguonies atmosferoje savaime užsiliepsnoja. Gerai tirpsta neorganinėse rūgštyse. Plutonio junginių tirpalų spalva priklauso nuo plutonio oksidacijos laipsnio.

Antrojo pasaulinio karo metu buvo vykdomas Manhatano projektas (*Manhattan Project*), kurio tikslas – sukurti atominę bombą. 1943 m. buvo pagamintas plutonio-239 sintezės reaktorius. Pirmoji atominė bomba, pavadinta „Trejybės“ („Trinity“) vardu, susprogdinta 1945 m. liepos 16 d. Naujojoje Meksikoje. Ginklas svėrė 4 t, jame buvo 6,2 kg plutonio. Identiško dizaino bomba 1945 m. rugpjūčio 9 d. buvo numesta ant Nagasakio miesto; rugpjūčio 6 d. atominė bomba urano pagrindu buvo numesta ant Hirošimos miesto.

**593 pav.** Branduolinis sprogimas Nagasakyje

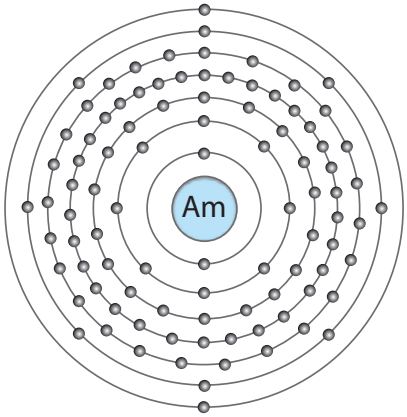
**594 pav.** Plutonio panaudojimas

Kaip branduolinis kuras plutonis naudojamas ir branduoliniuose ginkluose. Detonuojant atominį ginklą su 1 kg plutonio, išsiskiria tiek griaunamosios energijos, kiek išsiskirtų sprogdinant 10 000 tonų cheminio ginklo. Plutonis-239 naudojamas kaip alfa dalelių šaltinis cheminės taršos detektoriuose. Skildamas plutonis-238 išskiria didžiulį kiekį energijos, todėl gali būti panaudotas ir šiluminėse elektros jėgainėse. Termoelektriniai plutonio generatoriai naudojami erdvėlaiviuose. Maždaug vienas trečdalis branduolinių jėgainių kaip kurą naudoja sodrintą plutonį-239.

Dėl radioaktyvumo (išsiskiria neutronai, alfa, beta ir gama spinduliuotės) yra labai pavojingas. Žmogaus organizme kaupiasi kauluose.

95
Am
243,061

# 95. Americis (Am)




**595 pav.** Americis

Americis – pakankamai minkštas, sidabriškai baltas, dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi susintetinti 13 izotopų yra nestabilūs.

Pirmą kartą elementą 1944 m. susintetino JAV fizikai Glennas Theodore'as Seaborgas (1912–1999), Leonas O. Morganas (1919–2002), Ralphas Arthuras Jamesas (1920–1973) ir Albertas Ghiorso (1915–2010).

**596 pav.** Leonas O. Morganas, Ralphas Arthuras Jamesas ir Albertas Ghiorso

Americis periodinėje elementų sistemoje išsidėstęs po europiu, todėl pagal analogiją su europiu elementas pavadintas Amerikos garbei, kur ir buvo atrastas. Tai ketvirtasis atrastas transuraninis elementas po urano, plutonio ir kiurio. Americis gaunamas branduoliniuose reaktoriuose neutronais bombarduojant uraną arbą plutonį:

$$^{239}_{94}\mathrm{Pu} \xrightarrow{4(n,\gamma)} {}^{243}_{94}\mathrm{Pu} \xrightarrow[4{,}956\ \mathrm{h}]{\beta^-} {}^{243}_{95}\mathrm{Am}.$$

**597 pav.** Trikampis apačioje – pirmasis susintetintas americis americio hidroksido pavidalo ($Am(OH)_3$)

Vienoje tonoje sunaudoto branduolinio kuro būna apie 100 g americio. Pirmą kartą didesni americio kiekiai gauti 1951 m. redukuojant bariu americio trifluoridą ($AmF_3$) dideliame vakuume ir 1 100 °C temperatūroje.

Americio fizikinės savybės panašios į europio. Lengvai deformuojamas metalas. Tamsoje švyti. Pagrindiniai izotopai yra $^{241}$Am ir $^{243}$Am. Junginiuose dažniausiai pasižymi +3 oksidacijos laipsniu. Americio-241 pusėjimo trukmė yra 432,2 metų, americio-243 – 7,37 metų, o americio-242 – 16–17 valandų. Taigi pirminio americio, kuris galbūt buvo Žemės susiformavimo metu, dabar jau nebėra. Americis tirpsta neorganinėse rūgštyse, jį oksiduoja oro deguonis. Americio +3 cheminės savybės artimos lantanoidų cheminėms savybėms.

**598 pav.** Americio panaudojimas

95
**Am**
243,061

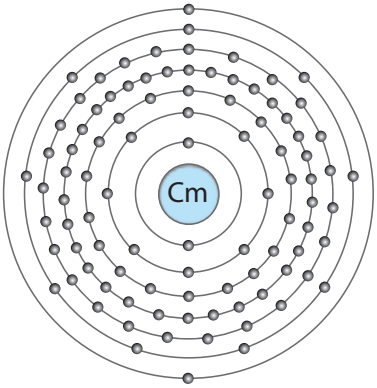
Izotopas $^{241}Am$ naudojamas transuraninių elementų sintezei branduoliniuose reaktoriuose:

$$^{243}_{95}Am \xrightarrow{(n,\gamma)} {}^{244}_{95}Am \xrightarrow[10,1\,h]{\beta^-} {}^{244}_{96}Cm.$$

Yra geras neutronų šaltinis. Americis $^{241}Am$ ($Am_2O_3$ pavidalo) taip pat naudojamas dūmams jonizuojančiose kamerose detektuoti. Dūmai, patekę į kamerą, absorbuoja alfa daleles, sumažėja jonizacija ir srovė. Pasigirsta garsinis signalas. Americis naudojamas radioaktyvaus stiklo storiui matuoti. Dėl savo radioaktyvumo americis yra pavojingas.

# 96. Kiuris (Cm)

96
Cm
247,070



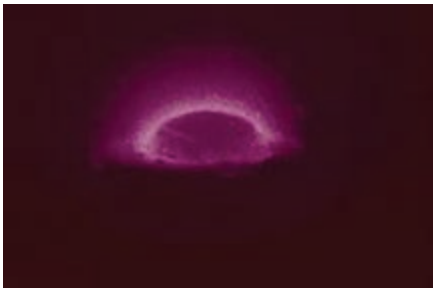

**599 pav.** Kiuris

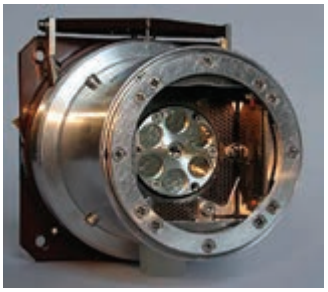
Kiuris – kietas, tankus, sidabriškai baltas, dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 20 kiurio izotopų yra nestabilūs.

Šis elementas buvo pavadintas garsių mokslininkų Pierre'o ir Marie Curie garbei (elemento santrumpoje yra pavardės ir vardo inicialai – Curie Marie). Tai vienintelis cheminis elementas, pavadintas šeimos garbei. Pavadinti mokslininkų vardu nuspręsta ir dėl tos priežasties, jog virš kiurio esantis lantanoidas gadolinis irgi pavadintas garsaus tyrėjo vardu. Kiurį 1944 m. atrado Glennas Theodore'as Seaborgas su bendradarbiais (Ralphu Arthuru Jamesu ir Albertu Ghiorso). Gaunamas uraną ar plutonį veikiant neutronais. Sunaudoto branduolinio kuro 1 tonoje būna apie 20 g kiurio. Pirmą kartą didesnius kiurio kiekius 1947 m. susintetino Louis Werneris ir Isadore Perlman.

Kiurio fizikinės ir cheminės savybės yra artimos gadolinio savybėms. Kiuriui, priešingai nei kitiems aktinoidams, yra būdinga aukšta lydymosi (1 344 °C) ir virimo (3 556 °C) temperatūra. Radioaktyvaus kiurio skilimo metu išsiskiria alfa dalelės ir šiluma. Kiurio-242 pusėjimo trukmė yra 162,8 dienos, Cm-240 – 26,7 dienos, o 247 Cm ir 248 Cm kiurio izotopų pusėjimo trukmė daug ilgesnė

96
Cm
247,070





**600 pav.** Kiurio švytėjimas ir panaudojimas

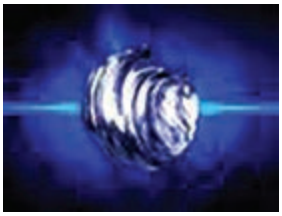
(atitinkamai 15,6 mln. ir 348 000 metų). Junginiuose kiuriui yra būdingi +3 ir +4 oksidacijos laipsniai. Lengvai oksiduojasi iki oksido. Kiurio radiacija tokia stipri, kad radioaktyviojo spinduliavimo metu tamsoje švyti violetine spalva.

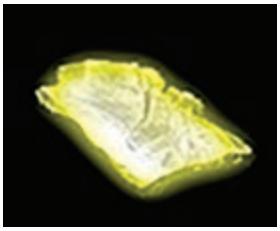
Kiuris naudojamas sunkesniems aktinoidams sintetinti, kaip alfa dalelių šaltinis – įvairiuose spektrometruose. Šiuo metu kiurio panaudojimas nėra praktiškas ir ekonomiškas.

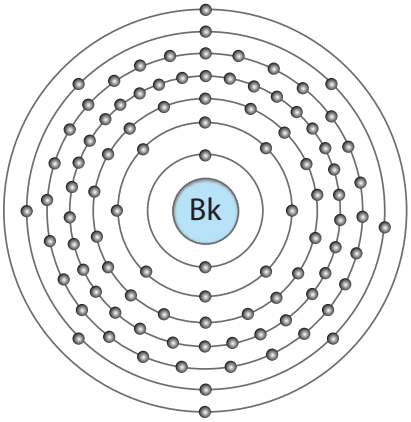
Žmogaus organizme kiuris kaupiasi kauluose, plaučiuose ir kepenyse. Dėl radioaktyvumo yra nuodingas elementas.

# 97. Berklis (Bk)










**601 pav.** Berklis

Berklis – minkštas, sidabriškai baltas, dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 14 berklio izotopų – nuo $^{238}$Bk iki $^{251}$Bk – yra nestabilūs. Berklį 1949 m. atrado Glennas Theodore'as Seaborgas, Albertas Ghiorso, Stanley'is Geraldas Thompsonas (1912–1976) ir Kennetas Streetas jaunesnysis (1920–2006).

Šis transuraninis elementas buvo susintetintas JAV Kalifornijos universitete Berklyje (*Lawrence Berkeley National Laboratory*) ir pavadintas jo garbei. Virš

**602 pav.** Stanley'is Geraldas Thompsonas ir Kennetas Streetas jaunesnysis

97
**Bk**
247,070

**603 pav.** Kalifornijos universitetas Berklyje ir Berklio miesto dalis

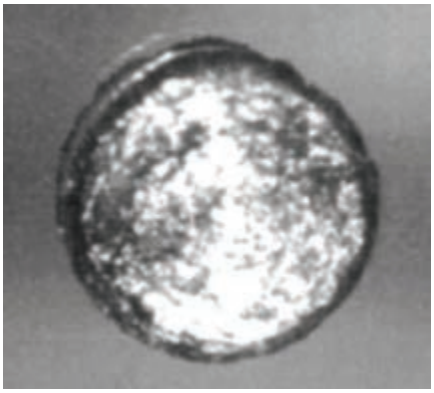
berklio periodinėje elementų sistemoje esantis lantanoidas terbis taip pat yra pavadintas Švedijos vietovės (Iterbiu), kurioje buvo atrastas, vardu. Toliau analogijos su lantanoidų pavadinimais jau nebuvo laikomasi. Kito elemento – kalifornio – pavadinimas nesisieja su disprozio pavadinimu.

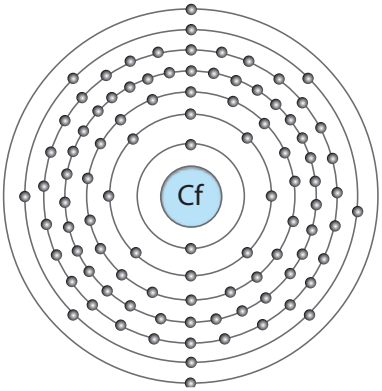
Svarbiausias berklio izotopas $^{247}$Bk, kurio pusėjimo trukmė yra 1,389 metų, susidaro veikiant $^{244}$Cm izotopą alfa dalelėmis. Nuo 1967 m. JAV buvo pagaminta šiek tiek daugiau nei 1 g berklio. Taip pat berklis susidaro branduolinėse jėgainėse uraną ar plutonį veikiant neutronais. $^{249}$Bk izotopo pusėjimo trukmė yra 314 dienų.

Berklis greitai oksiduojasi ore, lengvai tirpsta praskiestose neorganinėse rūgštyse. Junginiuose berklis egzistuoja 0, +3 ir +4 oksidacinės būsenos. Naudojamas tik moksliniams tikslams. Dėl radioaktyvumo berklis yra nuodingas elementas, kaupiasi gyvų organizmų kauluose.

# 98. Kalifornis (Cf)

98
Cf
251,080






**604 pav.** Kalifornis

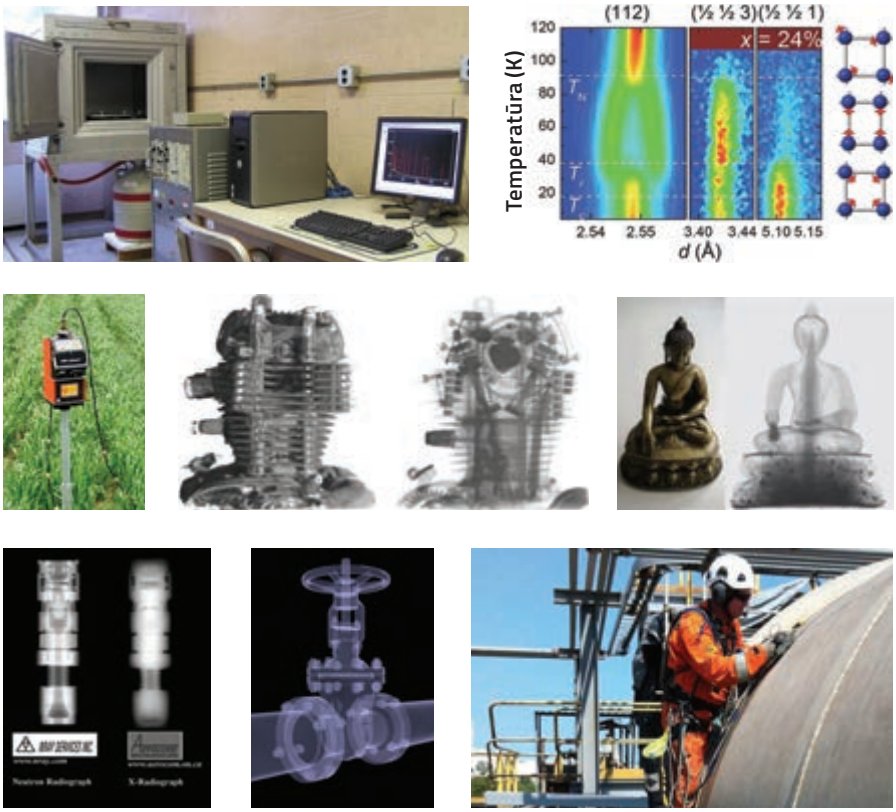
Kalifornis – minkštas, sidabriškai baltas, dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 20 kalifornio izotopų yra nestabilūs.

1950 m. kalifornį susintetino Glennas Theodore'as Seaborgas, Albertas Ghiorso, Stanley'is Geraldas Thompsonas ir Kennetas Streetas jaunesnysis Kalifornijos universitete alfa dalelėmis veikdami kiurį. Šio eksperimento metu buvo susintetinta apie 5 000 kalifornio atomų. Tai šeštasis atrastas transuraninis elementas. Jis atrastas JAV Kalifornijos valstijoje, tad jos garbei ir pavadintas. Ir šis pavadinimas neturi nieko bendro su viršuje esančio lantanoido disprozio pavadinimo kilme („sunku gauti", „sunku pasiekti"), kaip buvo prieš tai esančių elementų atveju. Nors ir Kaliforniją praeituose šimtmečiuose buvo „sunku pasiekti", sunku į ją patekti.

Kalifornis susidaro berklio radioaktyviojo skilimo metu. 1958 m. buvo pagamintas didesnis kalifornio kiekis – keli mikrogramai. Kalifornis yra sunkiausias elementas, kurio galima pagaminti „pasveriamus" kiekius. Dažniausi jo oksidacijos laipsniai junginiuose būna +2, +3 ir +4. Tačiau yra susintetinta tik labai nedaug kalifornio junginių. Reaguoja su daugeliu nemetalų. Stabiliausio kalifornio-251 izotopo pusėjimo trukmė yra 898 metai, kiti skyla greičiau (kalifornis-249 – 351

metai, kalifornis-250 – 13,08 metų, kalifornis-252 – 2,645 metų). Vidutinio cheminio aktyvumo metalas.

Kalifornis yra vienas iš transuraninių elementų, turintis rimtą praktinį panaudojimą – tai puikus neutronų šaltinis. Ypač stipria neutronų spinduliuote pasižymi Cf-252 izotopas. Šviežio, naujai pagaminto 0,000001 gramo kalifornio „pagamina“ apie 140–170 milijonų neutronų per 1 minutę. Jis naudojamas branduolinių jėgainių paleidimo etape, neutronų aktyvacinėje analizėje, nustatant elementų mikrokiekius, moksliniuose neutronų reaktoriuose, kai neutronų difrakcija ir neutronų spektroskopija yra taikoma medžiagų sandarai tirti. Neutronų radiografija yra nustatomos lėktuvuose ar kariniuose ginkluose korozijos paveiktos vietos, blogai suvirintos siūlės, įtrūkimai, patekusi drėgmė, įvairūs metalų įtempiai ir



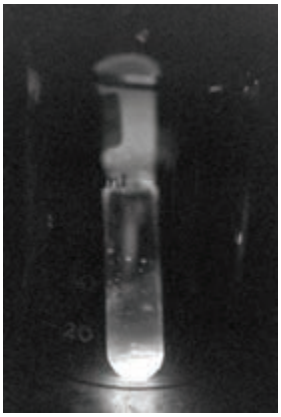

**605 pav.** Kalifornio panaudojimas

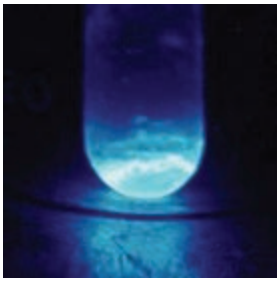
nuovargiai. Įvairūs neutronų spinduliuotės pagrindu pagaminti prietaisai yra naudojami vandens ir naftos sluoksniams rasti naftos gręžiniuose, metalams (auksui, sidabrui) aptikti uolienose, požeminio vandens tėkmei nustatyti.

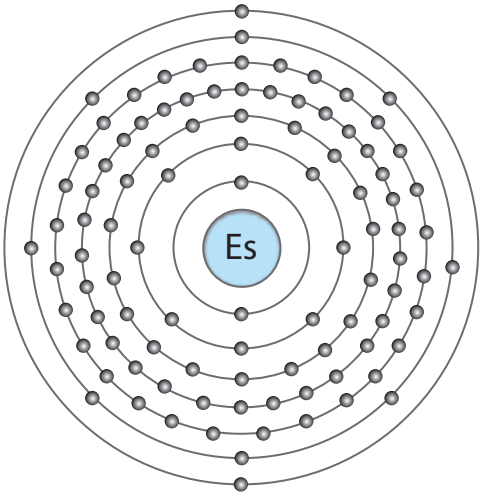
Kalifornis naudojamas kitiems elementams sintetinti. Pavyzdžiui, veikiant kalifornį-249 kalcio-48 jonais, 2006 m. buvo susintetintas 118-asis elementas oganesonas. 1961 m. 103-iasis elementas laurencis irgi pirmą kartą buvo susintetintas kalifornį bombarduojant boro branduoliais. Kalifornio neutronų spinduliuotė naudojama radioterapijoje: ja naikinami smegenų ir gimdos kaklelio navikai. Dėl radioaktyvumo kalifornis yra nuodingas elementas, kaupiasi gyvų organizmų kauluose.

99
Es
[254]

# 99. Einšteinis (Es)

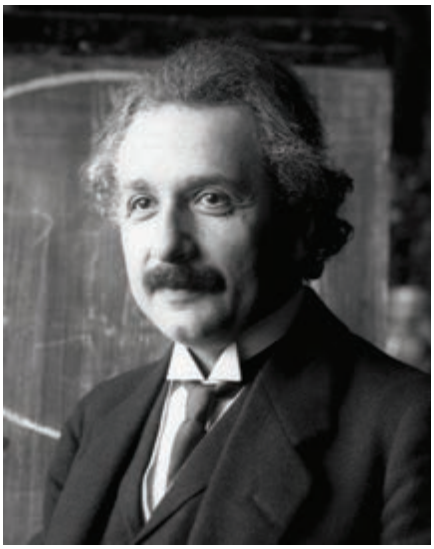







**606 pav.** Einšteinis

Einšteinis – minkštas, sidabriškai baltas, paramagnetinis, dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 19 einšteinio izotopų yra nestabilūs. Šis elementas 1952 m. buvo aptiktas pirmosios susprogdintos vandenilio bombos nuolaužose. Atradėju laikomas amerikiečių fizikas Albertas Ghiorso. Elementas pavadintas Alberto Einsteino (1879–1955) garbei, nors pats garsusis mokslininkas neturi nieko bendro su šio elemento atradimu ar tyrinėjimu. Kurį laiką po atradimo jis dar buvo vadinamas afiniu (lot. *afinium* – *a-* priešdėlis „ne“ + *finis* – „pabaiga“), pabrėžiant, kad transuraninių elementų eilė dar nebaigta.

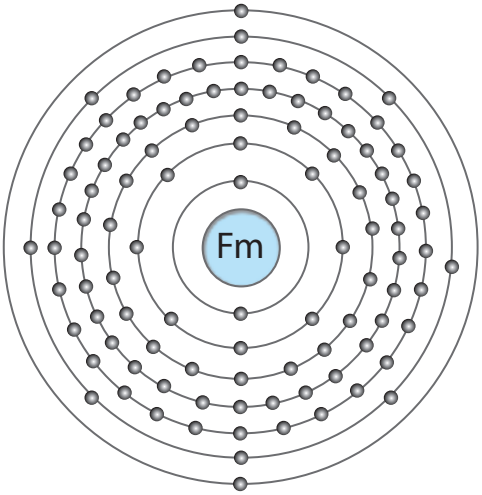


**607 pav.** Albertas Einsteinas

Pagrindinio einšteinio izotopo Es-253 pusėjimo trukmė yra 20,47 dienos. Gaunamas keliuose branduoliniuose reaktoriuose skylant kalifornіui-253. Per metus susidaro apie 1 mg. Es-252 izotopas truputį stabilesnis (pusėjimo trukmė – 471,7 dienos), bet jį labai sunku susintetinti. Dėl intensyvios radiacijos einšteinis švyti. Pagrindinė einšteinio oksidacinė būsena junginiuose yra +3. Pakankamai reaktingas. Dėl intensyvaus radioaktyvumo ir nedidelio kiekio einšteinis beveik nenaudojamas praktikoje, tik moksliniuose tyrimuose. Labai pavojingas, nes labai radioaktyvus.

100
Fm
257,095

# 100. Fermis (Fm)




**608 pav.** Fermis

Fermis – minkštas, sidabriškai baltas, dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 20 fermio izotopų yra nestabilūs. Kaip ir einšteinis, fermis 1952 m. buvo aptiktas pirmosios susprogdintos vandenilio bombos nuolaužose. Atradėju laikomas tas pats amerikiečių fizikas Albertas Ghiorso. Elementas pavadintas tuo metu neseniai mirusio žymaus italų kilmės amerikiečių atominės fizikos mokslininko, pirmojo dirbtinio savarankiškai veikiančio branduolinio reaktoriaus sukūrėjo Enrico Fermi garbei, nors pats E. Fermi neturi nieko bendro su šio elemento atradimu ar tyrinėjimu. Laikinai fermis buvo vadinamas centurijumi, pabrėžiant faktą, kad tai 100-asis elementas periodinėje lentelėje (lot. *centum* – šimtas).

Fermis yra sunkiausias elementas, kuris gali būti gaunamas neutronais bombarduojant lengvesnius elementus. Už jo esančių elementų yra gauti tik mikroskopiniai kiekiai. Gali būti gaunamas branduoliniuose reaktoriuose lengvesnius aktinoidus veikiant neutronais. Fermio pagaminama tik mikrogramai. Susintetintas fermis dažniausiai būna užterštas kitais radioaktyviais elementais. Gryninimas yra labai sudėtingas procesas. Pagrindinė fermio oksidacinė būsena junginiuose yra

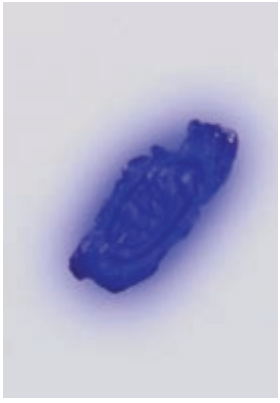
100
**Fm**
257,095

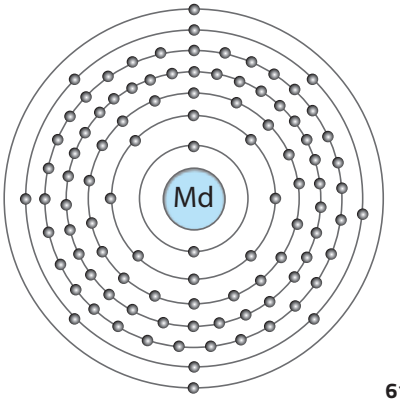
**609 pav.** Enrico Fermi

+3. Pakankamai reaktingas. Stabiliausias izotopas yra Fm-257, kurio pusėjimo trukmė yra 100,5 dienos. Fm-253 izotopo pusėjimo trukmė yra tik 3 dienos, o Fm-256 – tik 2,6 val. Dėl intensyvaus radioaktyvumo ir mažo kiekio fermis naudojamas tik moksliniuose tyrimuose. Labai pavojingas, nes labai radioaktyvus.

101
Md
258,1

# 101. Mendelevis (Md)



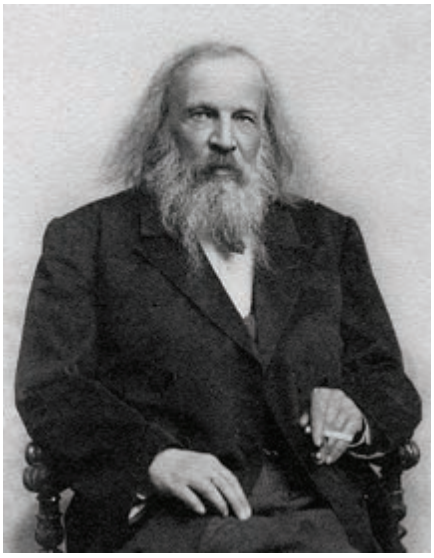



**610 pav.** Mendelevis

Mendelevis – dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 16 mendelevio izotopų yra nestabilūs.

Mendelevis atrastas 1955 m. veikiant alfa dalelėmis einšteinį. Jį susintetino Albertas Ghiorso, Glennas Theodore'as Seaborgas, Stanley'is Geraldas Thompsonas, Gregory'is Robertas Choppinas (1927–2015) ir Bernardas George'as Harvey'us (1924–2016). Iš pradžių buvo susintetinta tik 17 mendelevio atomų.

**611 pav.** Gregory'is Robertas Choppinas ir Bernardas George'as Harvey'us

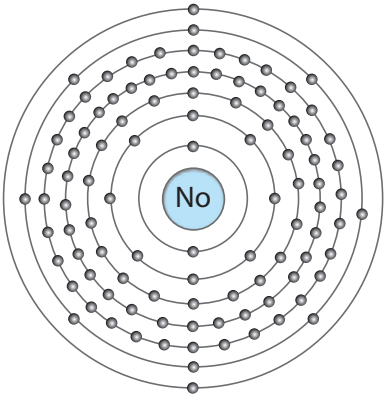


**612 pav.** Dmitrijus Mendelejevas

Pavadintas rusų chemiko Dmitrijaus Mendelejevo (1783–1847) garbei. Tai pirmasis elementas, kuris negali būti susintetintas neutronais bombarduojant lengvesnius elementus. Taigi didesnių jo kiekių susintetinti negalima. Gali būti gautas lengvesnius elementus veikiant įkrautomis dalelėmis. Milijonai mendelevio atomų (labai mažytis kiekis) per 1 val. susidaro naudojant Es-253 izotopą. Stabiliausio Md-258 izotopo pusėjimo trukmė yra 51 diena, o mažiausiai stabilaus Md-256 – 1,17 valandos. Pagrindinė mendelevio oksidacinė būsena junginiuose yra +3. Dėl intensyvaus radioaktyvumo ir mažo kiekio mendelevis naudojamas tik moksliniuose tyrimuose. Labai pavojingas, nes labai radioaktyvus.

102
No
259,101

# 102. Nobelis (No)




**613 pav.** Nobelis

Nobelis – dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 12 nobelio izotopų yra nestabilūs.

1950–1960 metais apie šio elemento atradimą viena po kitos skelbė mokslininkų laboratorijos iš JAV, Švedijos ir Rusijos. Visos trys šalys ir savinasi šį atradimą. Pirmieji susintetinę elementą iš kiurio 1957 m. pasiskelbė Stokholmo Nobelio fizikos instituto mokslininkai (švedų, anglų ir amerikiečių tyrėjai). Elementas buvo pavadintas dinamito išradėjo, garsiojo mokslo mecenato Alfredo Nobelio garbei. Tai buvo pirmasis transuraninis elementas, atrastas Europoje. Elementui taip pat siūlytas pavadinimas žoliotis – Marie Curie dukters ir žento garbei. Berklio universiteto tyrėjai Albertas Ghiorso, Glennas Theodore'as Seaborgas, Johnas R. Waltonas ir Torbjørnas Sikkelandas 1958 m. paskelbė, kad jie atrado 102-ąjį elementą. 1997 m. IUPAC komisija pripažino, kad nobelį dar anksčiau, 1956 m., atrado rusų mokslininkai, vadovaujami Georgijaus Flerovo (Dubnos branduolinių tyrimų centras). Vieni sintetino vienus izotopus, kiti – kitus, ir negalėjo pakartoti vieni kitų eksperimentų. Gal sumaištis dėl atradimo teisių kilo todėl, kad buvo gauti tik keli atomai nobelio.

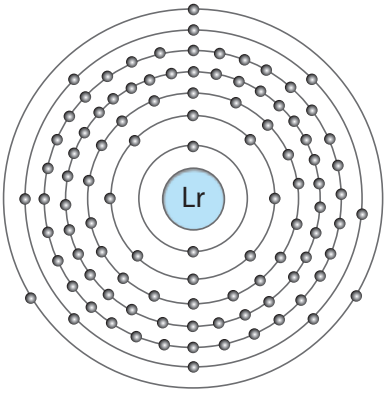
**614 pav.** Nacionalinė Berklio laboratorija, Stokholmo Nobelio fizikos institutas ir Dubnos branduolinių tyrimų centras

Stabiliausio No-259 izotopo pusėjimo trukmė yra 58 minutės. Didesniais kiekiais pagaminamo nobelio izotopo No-255 pusėjimo trukmė yra tik 3,1 minutės. Pagrindinė nobelio oksidacinė būsena junginiuose yra +3. Dėl intensyvaus radioaktyvumo ir mažo kiekio nobelis beveik nenaudojamas.

**615 pav.** Alfredas Nobelis

103
Lr
[262]

# 103. Laurencis (Lr)

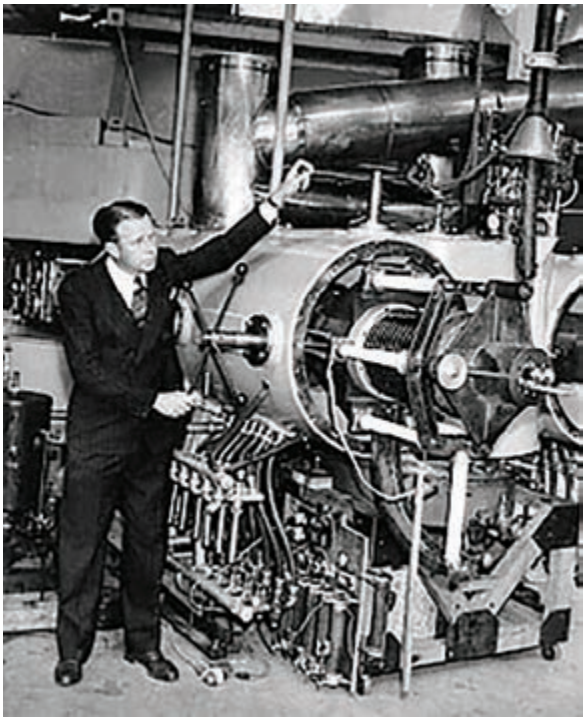



**616 pav.** Laurencis

Laurencis – dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 12 laurencio izotopų yra nestabilūs.

Laurencis – paskutinis aktinoidas ir paskutinis transuraninis elementas – buvo atrastas 1961 m. Kalifornijoje ir pavadintas ciklotroną (prietaisas, naudotas daugeliui sintetinių radioaktyvių elementų atradimui) sukūrusio Ernesto Orlando Lawrence'o (1901–1958) garbei.

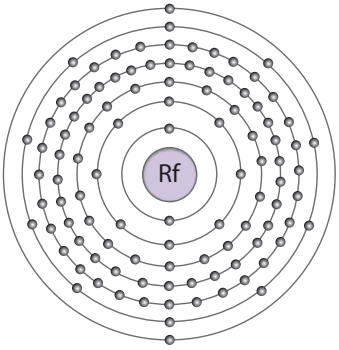
Iš pradžių elemento santrumpa buvo Lw, bet vėliau pakeista į Lr. Laurencio atradėjais laikomi Albertas Ghiorso, Robertas M. Latimeris, Torbjørnas Sikkelandas ir Almonas Larshas. Į greitintuvą įdėję 3 mikrogramus (0,000003 gramo) kalifornio, veikė jį boro jonais. Laikinai elementas vadinosi sisteminiu vardu *unniltrium*, o sovietų mokslininkai vartojo rezerfordžio pavadinimą, kadangi, jų teigimu, laurencis buvo atrastas Dubnoje. Stabiliausio Lr-266 izotopo pusėjimo trukmė yra 11 valandų. Didesniais kiekiais pagaminamo laurencio Lr-260 izotopo pusėjimo trukmė yra tik 2,7 minutės. Vieno pagrindinių Lr-262 izotopo pusėjimo trukmė yra 3,6 val. Tikėtina, kad pagrindinė laurencio oksidacinė būsena junginiuose yra +3. Dėl intensyvaus radioaktyvumo ir mažo kiekio laurencis beveik nenaudojamas.



**617 pav.** Laurencio atradėjai, Ernestas Orlando Lawrence'as ir ciklotronas

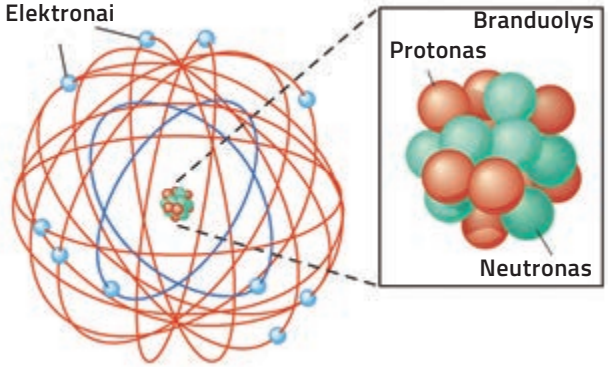
104
Rf
[261]

# 104. Rezerfordis (Rf)




**618 pav.** Rezerfordis

Rezerfordis – dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 16 rezerfordžio izotopų yra nestabilūs. Šis elementas atrastas 1960–1964 m. atskirai JAV ir Rusijos mokslininkų. Elementas pavadintas anglų kilmės Naujosios Zelandijos



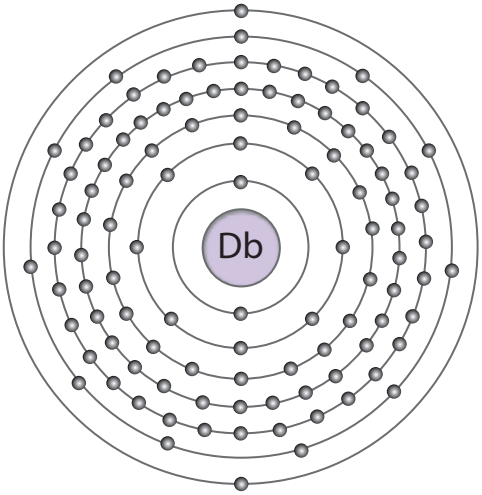

**619 pav.** Ernestas Rutherfordas ir atomo sandara

fiziko Ernesto Rutherfordo (1871–1937), kuris pirmasis paaiškino dabartinį atomo modelį, garbei, nors sovietų mokslininkai siūlė kurčiatovio pavadinimą mokslininko Igorio Kurčatovo (1903–1960) garbei, o rezerfordžiu pavadino 103-iąjį elementą (dabartinį laurencį). Rusų mokslininkai ir politikai dėl pavadinimo nusileido tik tuomet, kai gavo pažadą, kad 105-asis elementas bus pavadintas dubniu. Stabiliausio Rf-267 izotopo pusėjimo trukmė yra 1,3 val. Tik keli rezerfordžio atomai yra susintetinti.

104
Rf
[261]

105
Db
[262]

# 105. Dubnis (Db)




**620 pav.** Dubnis

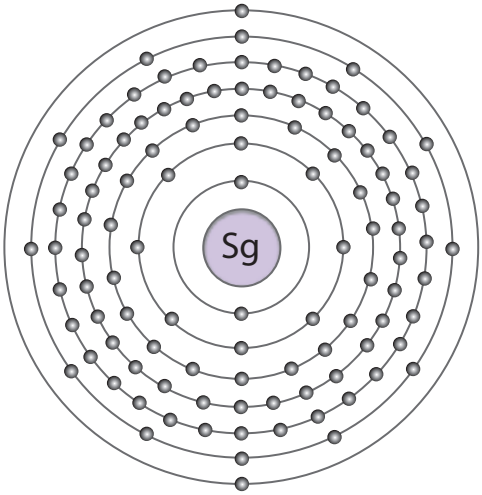
Dubnis – dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 12 dubnio izotopų yra nestabilūs.

Šį elementą 1968–1970 m. beveik vienu metu atrado amerikiečių (Berklyje) ir rusų (Dubnoje) mokslininkų grupės. Rusai pasiūlė pavadinimą nilsboris (danų fiziko Nielso Bohro (1885–1962) garbei), o amerikiečiai – hanis (vokiečių chemiko Otto Hahno (1879–1968) garbei). 1975 m. amerikiečių mokslininkai (Albertas Ghiorso ir Glennas Seaborgas) tartis dėl pavadinimo važiavo į Rusiją, susitiko su Georgijumi Flerovu ir Jurijumi Oganessianu, tačiau susitarti nepavyko. Ir tik 1996 m. IUPAC komisija nusprendė elementą pavadinti rusų tyrimų centro vardu.

Elemento pavadinimas yra kilęs nuo Rusijos miesto Dubnos, kuriame yra vienas didžiausių pasaulyje branduolio tyrimų centrų. Stabiliausio Db-268 izotopo pusėjimo trukmė yra 28 val. Tai labai radioaktyvus elementas. Vieno eksperimento metu susintetinami tik keli dubnio atomai. Db-270 izotopo susintetinti tik trys atomai. Dažniausiai dubnis gaunamas kalifornį bombarduojant azotu arba americį – neonu.

# 106. Syborgis (Sg)

106
Sg
[266]

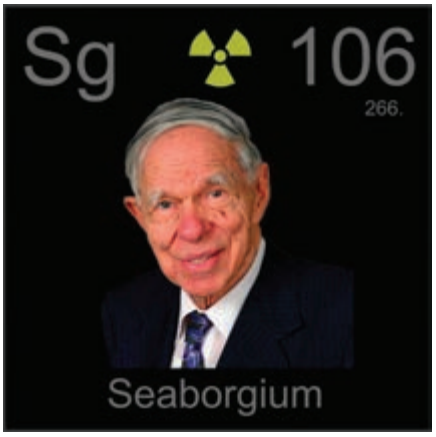


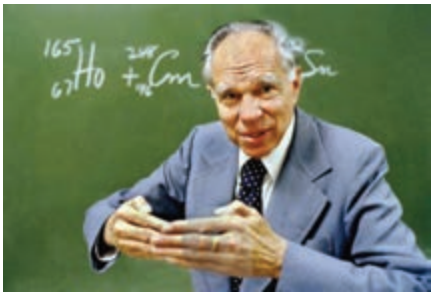

**621 pav.** Syborgis

Syborgis – dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 12 syborgio izotopų yra nestabilūs. Šį elementą 1974 m. beveik vienu metu atrado amerikiečių (Berklyje) ir rusų (Dubnoje) mokslininkų grupės. Pavadintas garsaus amerikiečio branduolinės fizikos mokslininko, Nobelio premijos laureato Glenno T. Seaborgo garbei. Tai vienas iš dviejų cheminių elementų, pavadintų dar tuo metu gyvenusio mokslininko garbei.

Stabiliausio Sg-269 izotopo pusėjimo trukmė yra 14 minučių, Sg-271 izotopo pusėjimo trukmė yra 1,9 minutės, o Sg-263 – apie 1 sekundę. Pagaminti tik keli syborgio atomai. Syborgis buvo gautas kalifornį bombarduojant deguonimi arba šviną – chromu. Per valandą galima susintetinti vieną syborgio atomą.

106
**Sg**
[266]

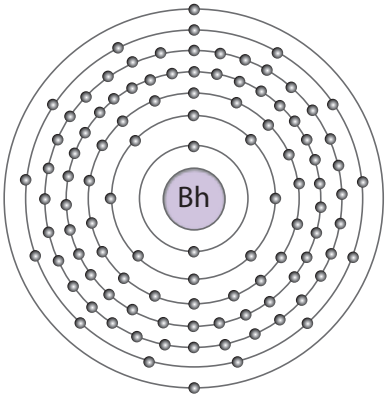




**622 pav.** Glennas T. Seaborgas

# 107. Boris (Bh)

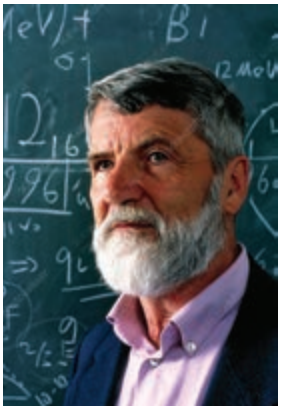
107
**Bh**
[264]




**623 pav.** Boris

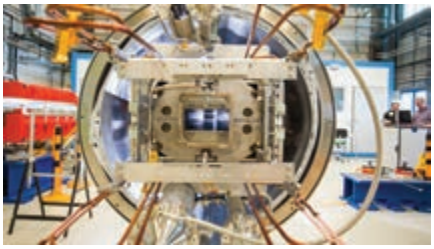
Boris – dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 13 borio izotopų yra nestabilūs.

1981 m. borį susintetino vokiečių mokslininkai, vadovaujami Peterio Armbrusterio (1931) ir Gottfriedo Münzenbergo (1940), Darmštato Sunkiųjų jonų tyrimo institute (*GSI Helmholtz Centre for Heavy Ion Research*).



**624 pav.** Peteris Armbrusteris ir Gottfriedas Münzenbergas

107
**Bh**
[264]



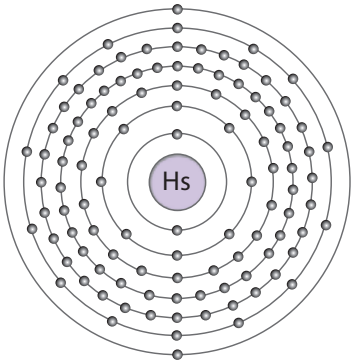
**625 pav.** Darmštato Sunkiųjų jonų tyrimo institutas

Boris (5 atomai) buvo gautas bismutą bombarduojant chromo izotopu. Vokiečiai siūlė naująjį elementą pavadinti nilsboriu danų fizikos teoretiko Nielso Bohro (1885–1962) garbei. 1994 m. IUPAC rekomendavo elementą pavadinti boriu. Nepaisant vartojimo painiavos (painiojamas „boras“ ir „boris“), šis pavadinimas buvo visuotinai priimtas. Stabiliausio Bh-270 borio izotopo pusėjimo trukmė yra 61 sekundė. Bh-264 pusėjimo trukmė yra 0,44 sekundės.

**626 pav.** Nielsas Bohras

# 108. Hasis (Hs)

108
Hs
[269]




**627 pav.** Hasis

Hasis – dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 12–15 hasio izotopų yra nestabilūs.

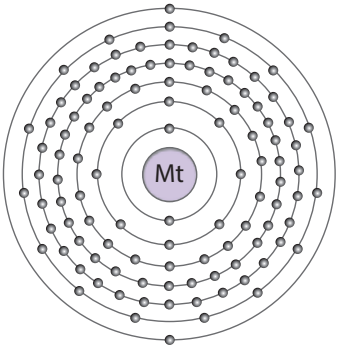
1984 m. hasį susintetino vokiečių mokslininkai, vadovaujami Peterio Armbrusterio ir Gottfriedo Münzenbergo, Darmštate (Vokietija). Hasis buvo gautas šviną bombarduojant geležies izotopu.

Pavadintas vokiečių žemės Heseno (vok. *Hesse*; lot. *Hassia*), kur yra Darmštatas, garbei. Stabiliausio hasio izotopo Hs-269 pusėjimo trukmė yra 16 sekundžių.

**628 pav.** Hesenas

109
Mt
[268]

# 109. Meitneris (Mt)




**629 pav.** Meitneris

Meitneris – dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 7–8 meitnerio izotopai yra nestabilūs.

Meitnerį 1982 m. gavo ta pati mokslininkų grupė Darmštate. Jie bismutą bombardavo geležies branduoliais. Elementas pavadintas Austrijos fizikės Lise'os

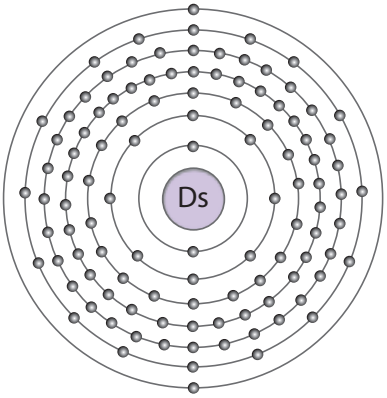
**630 pav.** Lise Meitner

Meitner (1878–1968) garbei. Stabiliausio izotopo Mt-278 pusėjimo trukmė yra 4,5 sekundės. Mt-276 pusėjimo trukmė yra 0,45 sekundės. Tai ypač radioaktyvus elementas.

109
Mt
[268]

110
**Ds**
[278]

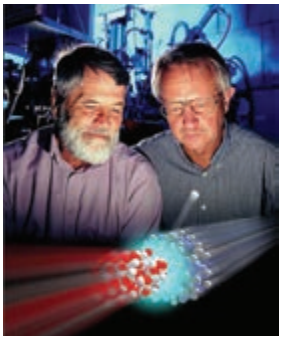
# 110. Darmštatis (Ds)




**631 pav.** Darmštatis

Darmštatis – dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 15 darmštačio izotopų yra nestabilūs.

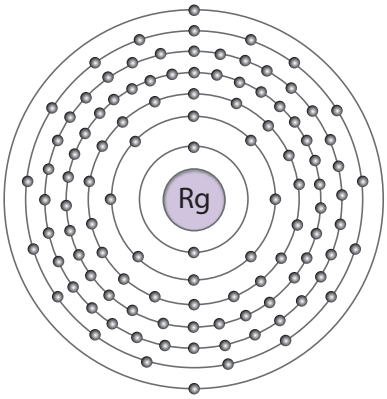
Darmštatį 1994 m. atrado Darmštato GSI tyrėjų grupė, vadovaujama Sigurdo Hofmanno (1944); joje dar dirbo ir žymieji atradėjai Peteris Armbrusteris ir Gottfriedas Münzenbergas. Be darmštačio, ši grupė atrado borį, meitnerį, hasį, o vėliau dar ir rentgenį bei kopernikį. Elementas buvo gautas šviną bombarduojant nikelio izotopo branduoliais. Pirmame eksperimente buvo susintetinti tik 4 darmštačio atomai. Pavadintas miesto, kuriame buvo atrastas ne vienas elementas, garbei. Stabiliausio Ds-281 izotopo pusėjimo trukmė yra 12,7 sekundės. Ds-279 pusėjimo trukmė yra 0,21 sekundės. Tai ypač radioaktyvus elementas.



**632 pav.** Sigurdas Hofmannas ir tyrėjai

# 111. Rentgenis (Rg)

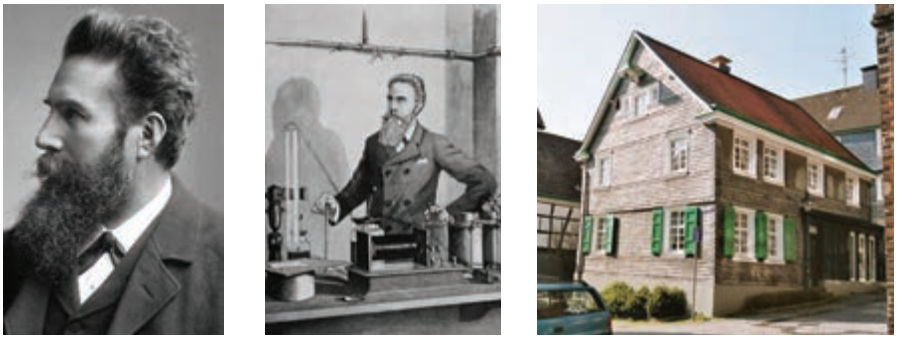
111
Rg
[280]




**633 pav.** Rentgenis

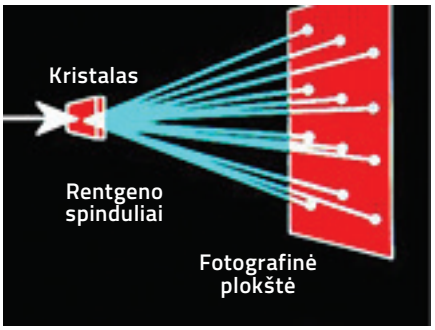
Rentgenis – dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 9 rentgenio izotopai yra nestabilūs.

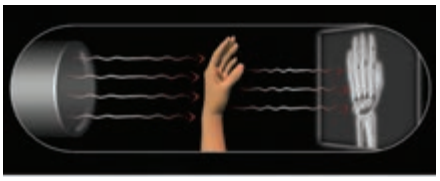
Rentgenį 1994 m. atrado Darmštato GSI tyrėjų grupė, vadovaujama Sigurdo Hofmanno. Elementas buvo gautas bismutą bombarduojant nikelio izotopo branduoliais. Pirmame eksperimente buvo susintetinti tik 3 rentgenio atomai. Elementas pavadintas rentgeno spindulių atradėjo, vokiečių fiziko Wilhelmo Conrado Röntgeno (Roentgen) (1845–1923) garbei.



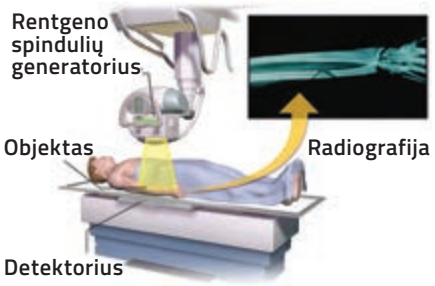
**634 pav.** Wilhelmas Conradas Röntgenas ir namas, kuriame jis gimė, nedideliame Vokietijos miestelyje

Stabiliausio izotopo Rg-282 pusėjimo trukmė yra 100 sekundžių. Rg-281 pusėjimo trukmė yra 17 sekundžių. Rentgenis yra labai radioaktyvus elementas.





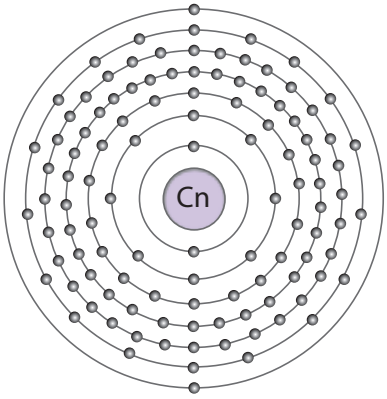
Projekcinė radiografija



**635 pav.** Rentgeno spinduliai ir panaudojimas

# 112. Kopernikis (Cn)

112
Cn
[285]




**636 pav.** Kopernikis

Kopernikis – dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 8 kopernikio izotopai yra nestabilūs.

Kopernikį 1996 m. atrado Darmštato GSI tyrėjų grupė, vadovaujama Sigurdo Hofmanno ir Victoro Ninovo (1959). Elementas buvo gautas cinką bombarduojant švino izotopo branduoliais. Pavadintas žymaus Renesanso epochos

**637 pav.** Victoras Ninovas

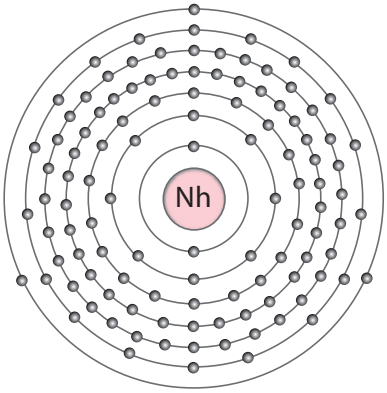
112
Cn
[285]

astronomo, sukūrusio planetų skriejimo apie saulę modelį, Mikolajaus Koperniko (1473–1543) garbei. Jis gimė tuometinėje Prūsijoje (dabar Lenkijos miestas Torūnė). Pasiūlymas buvo kiek netikėtas, bet skambėjo įtikinamai: „pavadinti iškilaus mokslininko, pakeitusio mūsų požiūrį į pasaulį, garbei“. Stabiliausio Cn-285 izotopo pusėjimo trukmė yra 28 sekundės. Cn-283 pusėjimo trukmė yra 4 sekundės. Kopernikis yra labai radioaktyvus elementas.

**638 pav.** Mikołajus Kopernikas

# 113. Nihonis (Nh)

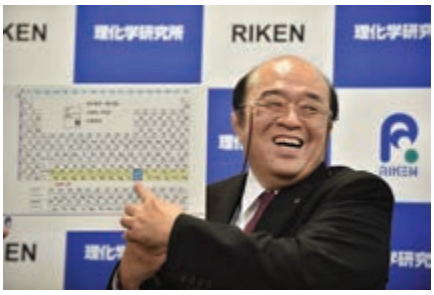
113
Nh
[286]

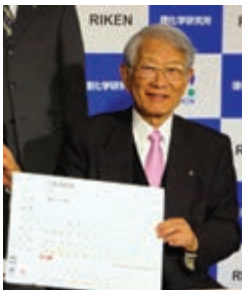



**639 pav.** Nihonis

Nihonis – dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 8 nihonio izotopai yra nestabilūs. Nihonį 2004 m. atrado Japonijos valstybinio RIKEN fizikos ir chemijos mokslinio instituto (*The Institute of Physical and Chemical Research*, *Nishina Center for Accelerator-Based Science*) tyrėjų grupė, vadovaujama Kosuke Morita (1957) ir Hiroshi Matsumoto (1942), Wako mieste.

Elementas pavadintas Japonijos (*nihon*) garbei. *Nihon* („tekančios saulės žemė“) yra vienas iš dviejų Japonijos tarimo variantų. Antrasis – *Nippon*. Taigi



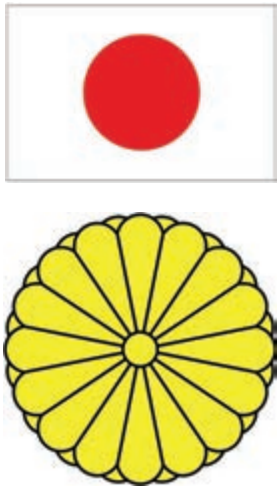




**640 pav.** Kosuke Morita ir Hiroshi Matsumoto

113
**Nh**
[286]

antrasis elemento pavadinimo variantas galėjo būti „niponis“. Tačiau taip pavadinti Masataka Ogawa siūlė 1908 m. atrastą renį. Kadangi šis siūlymas anuomet nebuvo priimtas, nutarta „niponiu“ niekada nevadinti jokio kito cheminio elemento.

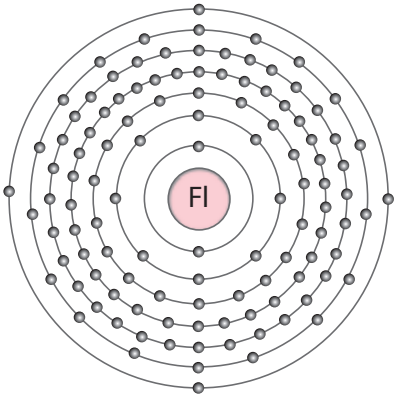
Stabiliausio Nh-286 izotopo pusėjimo trukmė yra apie 10 sekundžių. Nh-285 pusėjimo trukmė yra 4,2 sekundės. Nihonis yra labai radioaktyvus elementas. 113-ąjį elementą bandė sintetinti Darmštato mokslininkų grupė, bismutą bombarduodami cinko izotopu, tačiau nesėkmingai. Japonai nihonį gavo cinku bombarduodami bismutą ir talį. Pirmųjų eksperimentų metu buvo gautas vienas nihonio atomas.



**641 pav.** RIKEN, Japonijos vėliava ir herbas

# 14. Flerovis (Fl)

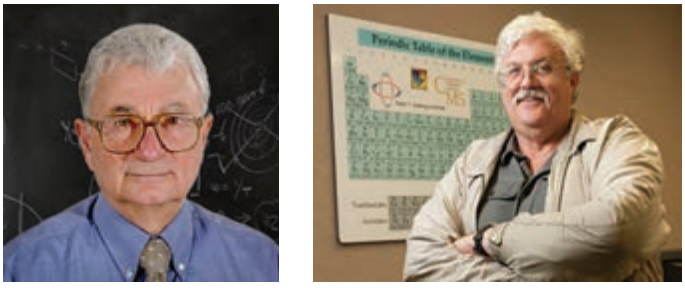
114
**Fl**
[289]




**642 pav.** Flerovis

Flerovis – dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 5 flerovio izotopai yra nestabilūs.

Flerovį 1998–1999 m. atrado Dubnos mokslinio instituto Rusijoje tyrėjų grupė, vadovaujama Jurijaus Oganessiano (1933), kartu su Berkelio universiteto mokslininkais, vadovaujamais Keno Moody. Flerovį gavo kalcio branduoliais bombarduodami plutonį. Elementas pavadintas Rusijos fiziko Georgijaus Flerovo



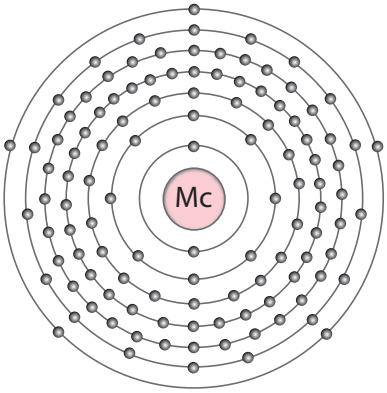
**643 pav.** Jurijus Oganessianas ir Kenas Moody

**644 p**av. Georgijus Flerovas ir institutas Dubnoje

(1913–1990), kuris ilgus metus vadovavo Dubnos moksliniam centrui, o vėliau jo vardu buvo pavadinta ir pati laboratorija, garbei. Stabiliausio Fl-289 izotopo pusėjimo trukmė yra apie 1,9 sekundės. Nh-287 pusėjimo trukmė yra 0,48 sekundės. Flerovis yra labai radioaktyvus elementas.

# 115. Moskovis (Mc)

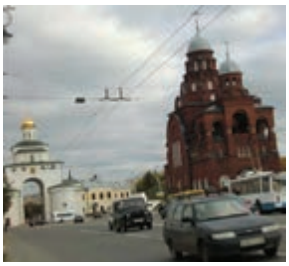
115
Mc
[289]




**645 pav.** Moskovis

Moskovis – dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 4 moskovio izotopai yra nestabilūs. Moskovį 2003 m. susintetino bendros Dubnos mokslinio instituto Rusijoje ir Amerikos Lawrence Livermore nacionalinės laboratorijos bei Oak Ridge nacionalinės laboratorijos Tenesės valstijoje mokslininkų pajėgos. Vadovai – Jurijus Oganessianas ir Kenas Moody.

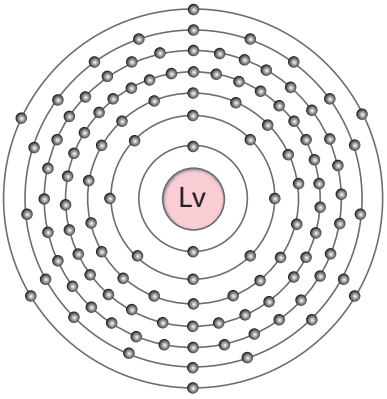
Moskovį gavo kalcio izotopo jonais bombarduodami americį. Elementas pavadintas Maskvos srities, kurioje yra Dubna, garbei. Stabiliausio Mc-290 izotopo pusėjimo trukmė yra apie 0,65 sekundės. Mc-289 pusėjimo trukmė yra 220 milisekundžių. Moskovis yra labai radioaktyvus elementas.



**646 pav.** Maskvos sritis ir moskovis

116
Lv
[293]

# 116. Livermoris (Lv)




**647 pav.** Livermoris

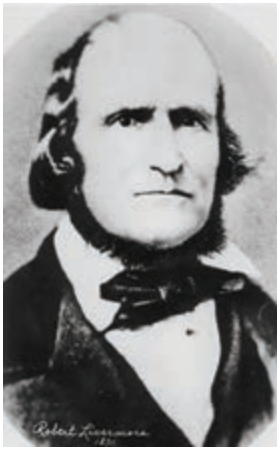
Livermoris – dirbtinis radioaktyvus metalas. Visi žinomi 4 livermorio izotopai yra nestabilūs. Livermorį 2000 m. susintetino bendros Dubnos mokslinio instituto Rusijoje ir Amerikos Lawrence Livermore nacionalinės laboratorijos mokslininkų pajėgos. Vadovai –Jurijus Oganessianas ir Kenas Moody.

Livermorį gavo kalcio izotopo jonais bombarduodami kiurį. Elementas pavadintas Lawrence Livermore nacionalinės laboratorijos, Livermoro miesto Kalifornijoje garbei. O miestas buvo pavadintas žemės savininko Roberto Thomo

**648 pav.** Lawrence Livermore nacionalinė laboratorija

Livermore'o (1799–1858) vardu. Stabiliausio Lv-293 izotopo pusėjimo trukmė yra apie 0,6 sekundės. Livermoris yra labai radioaktyvus elementas.

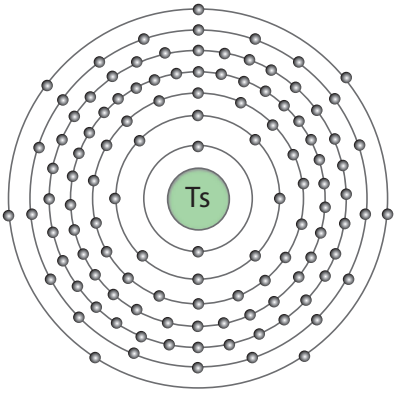




**649 pav.** Robertas Thomas Livermore'as ir Livermoro miestas

117
Ts
[294]

# 117. Tenesinas (Ts)




**650 pav.** Tenesinas

Tenesinas – dirbtinis radioaktyvus metalas. Žinomi 2 tenesino izotopai yra nestabilūs.

Tenesiną 2010 m. susintetino bendros Dubnos mokslinio instituto Rusijoje, Vanderbilto universiteto Tenesėje, Oak Ridge nacionalinės laboratorijos Tenesio valstijoje ir Lawrence Livermore nacionalinės laboratorijos Kalifornijoje mokslininkų pajėgos. Vadovai – Jurijus Oganessianas, Jamesas Roberto (1946) ir Dawn Angela Shaughnessy (1950).

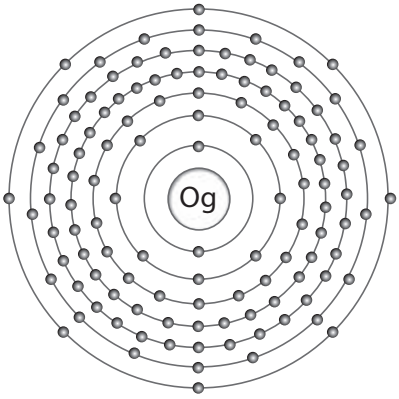
**651 pav.** Dawn Angela Shaughnessy ir Jamesas Roberto

Tenesiną gavo kalcio izotopo jonais bombarduodami berkelį. Elementas pavadintas Tenesės valstijos garbei. Stabiliausio Ts-294 izotopo pusėjimo trukmė yra apie 80 milisekundžių. Ts-293 pusėjimo trukmė yra 14 milisekundžių. Tenesinas yra labai radioaktyvus elementas. Per dešimtmetį buvo susintetinta tik 15 tenesino atomų.

**652 pav.** Oak Ridge nacionalinė laboratorija, Vanderbilto universitetas ir Tenesio valstija

118
**Og**
[294]

# 118. Oganesonas (Og)




**653 pav.** Oganesonas

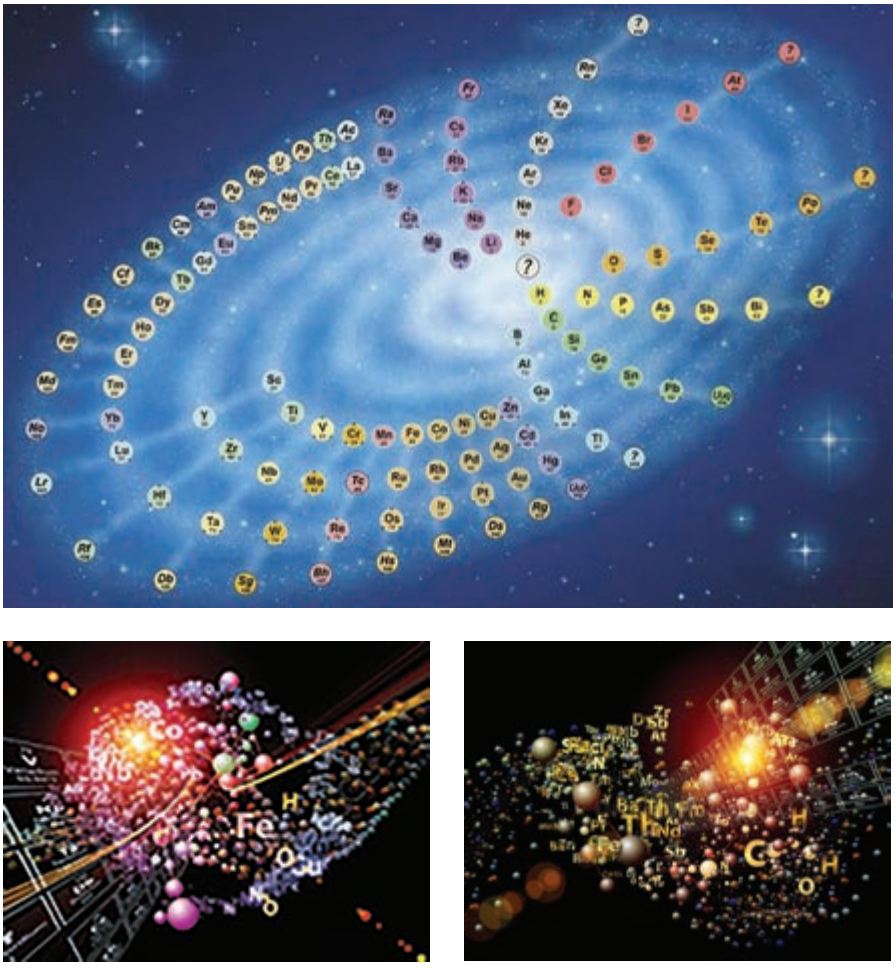
Oganesonas – dirbtinis radioaktyvus metalas. Žinomi 2 oganesono izotopai yra nestabilūs.

Oganesoną 2006 m. susintetino Dubnoje Rusijos ir Amerikos mokslininkų bendra tyrėjų grupė. Vadovas – Jurijus Oganessianas. Oganesoną gavo kalcio izotopo jonais bombarduodami kalifornį. Per 1 080 valandų vykusią sintezę buvo gauti 3 oganesono atomai. Elementas pavadintas Rusijos mokslininko Jurijaus Oganessiano (1933) garbei. Tai antras atvejis, kai elementas pavadinamas tuo metu gyvenusio žmogaus vardu.

**654 pav.** Jurijus Oganessianas ir oganesonas

Stabiliausio Og-295 izotopo pusėjimo trukmė yra apie 180 milisekundžių. Og-294 pusėjimo trukmė yra 0,7 milisekundės. Oganesonas yra labai radioaktyvus elementas. Per dešimtmetį buvo susintetinta tik 5–6 oganesono atomai. Oganesonas – paskutinis periodinės elementų sistemos cheminis elementas.

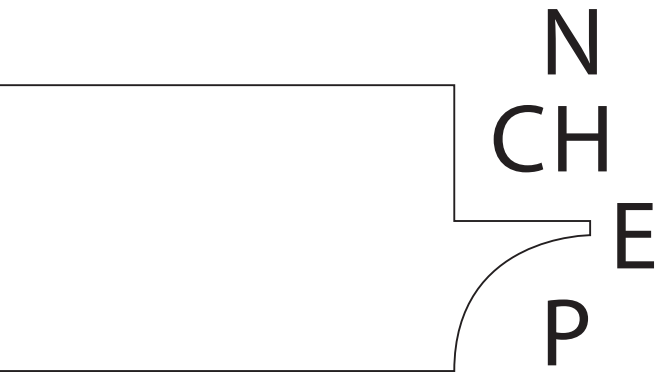
Gal šioje galaktikoje yra daugiau cheminių elementų? O gal egzistuoja cheminių elementų galaktika? Jau yra sugalvoti laikini sisteminiai būsimų elementų, kurie dar nebuvo atrasti ar įvardyti, pavadinimai ir simboliai.




**655 pav.** Cheminių elementų galaktika

| Pavadinimas | Nr. | Simbolis |
|---|---|---|
| Ununenis | 119 | Uue |
| Unbinilis | 120 | Ubn |
| Unbiunis | 121 | Ubu |
| . | | |
| . | | |
| . | | |
| Binilnilis | 200 | Bnn |
| Binilunis | 201 | Bnu |
| Binilbis | 202 | Bnb |
| . | | |
| . | | |
| . | | |
| Trinilnilis | 300 | Tnn |
| . | | |
| . | | |
| . | | |
| Enunenis | 919 | Eue |
| . | | |
| . | | |
| . | | |
| Enenenis | 999 | Eee |
| Unilnilnilis | 1000 | Unnn |

**656 pav.** Laikini sisteminiai būsimų elementų pavadinimai


N
CH
E
P

## LITERATŪRA IR ŠALTINIAI


1. Atkins, P. W.; Overton, T. L.; Rourke, J. P.; Weller, M. T.; Armstrong, F. A. *Shriver and Atkins' Inorganic Chemistry*. New York: W. H. Freeman and Company, 2010.
2. Beganskienė, A.; Kareiva, A.; Žalga, A. *Pagrindinių grupių elementų chemija*. Vilnius: Vilniaus universitetas, 2011.
3. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. Florida: CRC Press, 2012.
4. *Chemijos enciklopedija / Encyclopaedia of Chemistry*. Red. Z. Beresnevičius, E. Juzeliūnas, J. Kadziauskas, A. Kareiva, V. Skominas, P. Vainilavičius. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos centras, 2015.
5. Cotton, F. A.; Wilkinson, G. *Advanced Inorganic Chemistry*. 5th ed. New York: Wiley-Interscience, 1988.
6. Cotton, F. A.; Wilkinson, G.; Gaus, P. L. *Basic Inorganic Chemistry*. 3th ed. New York: John Wiley and Sons, 1995.
7. Daukšas, K.; Barkauskas, J.; Daukšas, V.; Daumantas, E.; Kabailienė, M.; Kareiva, A.; Mačionis, Z.; Naruškevičius, L.; Sasnauskienė, S.; Skučas, V. *Chemijos terminų aiškinamasis žodynas*. Mokslo ir enciklopedijų leidykla, Vilnius, 2003.
8. Housecroft, C. E.; Constable, E. C. *Chemistry*. An Introduction to Organic, Inorganic and Physical Chemistry. Pearson Education Limited. Harlow: Edinburgh Gate, 2006.
9. Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G. *Inorganic Chemistry*. Pearson Education Limited. Harlow: Edinburgh Gate, 2008.
10. Kaim, W.; Schwederski, B. *Bioinorganic Chemistry: Inorganic Elements in the Chemistry of Life*. Chichester: John Wiley ant Sons, 1994.
11. Kareiva, A. *Kompleksinių junginių chemija*. Vilnius: Vilniaus universitetas, 2008.
12. Kokubo, T. *Bioceramics and Their Clinical Applications*. Abington Hall, Abington, Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2008.
13. Scerri, E. R. The Past and Future of the Periodic Table. *American Scientist*, 2008, 96, p. 1–59.
14. Zohuri, B. The Chemical Element Hydrogen. *Hydrogen Energy*. Springer, Cham, 2019.
15. Zumdahl, S. S.; Zumdahl, S. A. *Chemistry*. Belmont: Brooks Cole, a part of Cengage Learning, 2010.
16. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93461-7_1.
17. https://www.rsc.org/periodic-table/
18. https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
19. https://sciencenotes.org/
20. https://commons.wikimedia.org/wiki/Main_Page
21. https://www.britannica.com/science/

22. https://lt.wikipedia.org/wiki/
23. https://www.webmd.com/
24. https://www.medicalnewstoday.com/
25. https://ods.od.nih.gov/factsheets/
26. https://www.drugs.com/

## PAVEIKSLĖLIŲ ŠALTINIAI

**1 pav.** **a** http://www.technologijos.lt/upload/image/n/mokslas/fizika/S-23418/5-4-3-2-1-1766_h2.jpg

**2 pav.** https://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Cavendish#/media/File:Cavendish_Henry_signature.jpg

**3 pav.** https://cdn-images-1.medium.com/max/2000/1%2A1w61cJwe6PbWoqun9IezGw.jpeg

**4 pav.** https://pyxis.nymag.com/v1/imgs/688/f50/be5be756b9c02715a88a644815967c51e6-11-olive-oil.rsocial.w1200.jpg

**5 pav.** **a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/41/Space_Shuttle_Columbia_launching.jpg/300px-Space_Shuttle_Columbia_launching.jpg
**b** https://static01.nyt.com/images/2016/03/27/us/27Ebeling2Obit/27Ebeling2Obit-videoLarge.jpg
**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3f/Challenger_flight_51-l_crew.jpg/750px-Challenger_flight_51-l_crew.jpg

**6 pav.** **a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/53/Argon-glow.jpg/250px-Argon-glow.jpg

**7 pav.** **a** https://www.edubuzz.org/prestonlodge/wp-content/blogs.dir/376/files/2008/08/pierrejanssen.gif
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/91/icture_of_Norman_Lockyer.jpg/220px-Picture_of_Norman_Lockyer.jpg

**8 pav.** **a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3f/2_Helium.png/220px-2_Helium.png
**b** https://tiimg.tistatic.com/fp/1/550/liquid-helium-for-mri-764.jpg?tr=n-w410

**9 pav.** **a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/82/Helium_discharge_tube.jpg/304px-Helium_discharge_tube.jpg
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1f/HeTube.jpg/170px-HeTube.jpg
**c** http://img31.mtime.cn/mg/2013/10/01/084452.48254552.jpg
**d** https://ak.jogurucdn.com/media/image/p25/place-2014-12-30-6-Wondersofflight5bd11c3bab527a02244368c78e999759.jpg

**10 pav.** **a** http://4.bp.blogspot.com/-68kNYnkxJiQ/T8cei4oEIYI/AAAAAAAAAbM/g7joMvwH0ZA/s1600/Airbag.jpg
**b** https://farm3.static.flickr.com/2901/33634466800_9cc4f394a6_b.jpg
**c** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/71XQK16wQmL._SL1500_.jpg

**11 pav.** **a** https://www.newsday.co.zw/wp-content/uploads/2019/05/lithium.png

**12 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/Wiegmann_Arend_Friedrich_August_1802-1841.png

**13 pav. a** https://i1.wp.com/upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4c/Lepidolite-76774.jpg
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/78/Kunzite_Nouristan.jpg/440px-Kunzite_Nouristan.jpg
**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/17/Mineral_Ambligonita_GDFL032.jpg/200px-Mineral_Ambligonita_GDFL032.jpg

**14 pav. a** https://i.ytimg.com/vi/InNQhWBZ-wg/hqdefault.jpg
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/da/Flammenf%C3%A4rbungLi.png/180px-Flammenf%C3%A4rbungLi.png

**15 pav. a** https://fr.wikipedia.org/wiki/Pile_au_lithium#/media/Fichier:Lithium_batteries_9v_AA_AAA.jpeg
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/38/Nokia_3410_-_battery_BLC-2-1.jpg
**c** https://cdn.awsli.com.br/300x300/257/257171/produto/34483837/768fd30db8.jpg
**d** http://www.batteryspace.com/images/products/detail/8359.png
**e** https://www.picclickimg.com/d/l400/pict/172158536328_/10-PCS-CR123A-CR123-CR-123A-123-Lithium.jpg

**16 pav. a** https://i.imgur.com/1D7wjqi.jpg
**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0c/Be-140g.jpg/140px-Be-140g.jpg

**17 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/25/Louis_Nicolas_Vauquelin.jpg/560px-Louis_Nicolas_Vauquelin.jpg
**b** http://www.chemistryexplained.com/images/chfa_04_img0950.jpg

**18 pav. a** http://femininеastrology.com/images/site_graphics/Emerald_large.png
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f3/Beryl09.jpg/250px-Beryl09.jpg
**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6d/Bertrandite-38545.jpg/480px-Bertrandite-38545.jpg
**d** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/50/Chrysoberyl-282796.jpg/240px-Chrysoberyl-282796.jpg
**e** https://p1.liveauctioneers.com/1304/35682/14820494_1_x.jpg?auto=webp&format=pjpg&version=1355275474&width=512

**19 pav. a** https://img.topky.sk/900px/1669637.jpg
**b** http://www.aereo.jor.br/wp-content/uploads/2012/03/Quiz.jpg
**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/Radar_antenna.jpg

**20 pav. b** https://5.imimg.com/data5/SO/CJ/MY-2045966/leaded-berrylium-copper-250x250.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c7/CuBe_Tool.jpg/220px-CuBe_Tool.jpg

**d** https://i.ytimg.com/vi/Yqe4XVjS6L8/hqdefault.jpg

**21 pav. a** http://web.vu.lt/ff/a.poskus/files/2012/12/Rentg_paskaitos.pdf

**b** http://image.slidesharecdn.com/xrayphysics-140212165144-phpapp02/95/x-ray-physics-20-638.jpg?cb=1392245615

**c** https://www.kansaidenshi.co.jp/sidecyl%5b1%5d.jpg

**d** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a2/Be_foil_square.jpg/200px-Be_foil_square.jpg

**22 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a9/Nozzle_RSA-3-001.jpg

**b1** https://www.quantumdiaries.org/wp-content/uploads/2011/11/gyro.jpg

**b2** http://img.sfw.cn/admin/w/news/uploadfile/20110519102431895.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/eb/Kreiselkompass_Schnitt_Ansch%C3%BCtz.jpg/220px-Kreiselkompass_Schnitt_Ansch%C3%BCtz.jpg

**23 pav. a** https://jwst.nasa.gov/images/mirrorstory_blank.jpg

**b** https://phys.org/newman/gfx/news/hires/2011/2-testsunderwa.jpg

**24 pav. a** https://archive.fo/iXGBO/b6717f3315478aa20c7f95d2017c1768995892aa.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a2/Boron.jpg

**25 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2f/Gaylussac.jpg/225px-Gaylussac.jpg

**b** https://www.nndb.com/people/898/000100598/louis-jacques-thenard-1-sized.jpg

**c** https://unecologistaenelbierzo.files.wordpress.com/2014/10/sir-humphry-davy-por-thomas-phillips-1778-1829-wikipedia-org.jpg

**26 pav. a** https://lt.wikipedia.org/wiki/Mohavi%C5%B3_dykuma#/media/Vaizdas:Kingston_Range_from_Emigrant_Pass.jpg

**b** https://lt.wikipedia.org/wiki/Boro_r%C5%ABg%C5%A1tis#/media/Vaizdas:Boric_acid.jpg

**c** https://i.pinimg.com/736x/10/1d/0b/101d0bf94b0c8be080100a3782202ccf--tuscany-map-tuscany-italy.jpg

**d** https://en.academic.ru/pictures/enwiki/66/Borax.jpg

**e** https://www.thoughtco.com/thmb/Xey27IGjQJLKaAMrwpP9sJpatAg=/735x0/BoraxCrystal-58dad3a35f9b584683a9f182.jpg

**27 pav. a** https://www.treibacher.com/en/products/non-oxides/borides.html

**b** http://radiochemistry.org/periodictable/la_series/images/LnB6.gif

**c** https://in.all.biz/img/in/catalog/middle/569571.jpeg

**d** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/YB25structure.png

**e** http://www.testbourne.com/static/images/CompoundTargets.jpg

**f** https://www.jkcs.or.kr/upload//thumbnails/jkcs-54-2-121f4.gif

**28 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/62/Flammenf%C3%A4rbungB.png
**b** https://s3-us-west-2.amazonaws.com/usedphotosna/90252460_614.jpg
**c** http://saeedsun.ir/blog/wp-content/uploads/2015/05/2015-5-2-borosilicat.jpg
**d** http://img4.makepolo.net/img4/212/245/100014621245_14175938525703.jpg

**29 pav. a** http://www.nakleyko.com/_ph/197/914768134.jpg
**b** https://www.cjc.dk/fileadmin/root/File_Admin_Filter/pag_System_solutions/Wind/Bearing/Bearing_top_picture_must_be_changed_.jpg

**30 pav. a** https://energy-mrc.com/images/600-mw-coal-fired-ipp.jpg
**b** https://s8.pik.ba/avatari/825e0a0b75.jpg
**c** http://mediasoft.ir/wp-content/uploads/2016/06/near-metallic-lustre-of-anthracite-rock-152846696-300x240.jpg

**31 pav. a** https://www.dakotamatrix.com/images/products/graphite30630b.jpg?crop=auto&maxheight=300&width=340
**b** A. Beganskienė, A. Kareiva, A. Žalga. *Pagrindinių grupių elementų chemija*. Vilniaus universitetas, Vilnius, 2011, 190 p. ISBN 978-9955-634-71-3 (psl. 72).
**c** https://5.imimg.com/data5/IA/KK/GLADMIN-2089334/hira-diamond-500x500.png
**d** https://img.17qq.com/images/ncgcmccv.jpeg

**32 pav.** A. Beganskienė, A. Kareiva, A. Žalga. *Pagrindinių grupių elementų chemija*. Vilniaus universitetas, Vilnius, 2011, 190 p. ISBN 978-9955-634-71-3 (psl. 73).

**33 pav. a** https://edumax.com.pl/pol_pl_Model-czasteczki-fulerenu-C60-5028_1.png
**b** https://drpaulclayton.eu/wp-content/uploads/2020/01/carbon_60.jpg
**c** https://www.vle.lt/tmp/vle-images/41823_1.jpg
**d** https://www.assignmentpoint.com/wp-content/uploads/2017/03/Fullerene0.jpg

**34 pav.** http://chemistrysmalls.weebly.com/air-pollution.html

**35 pav. a** https://lt.luciafontains.com/images/obrazovanie/ugarnij-gaz-formula-i-svojstva.jpg
**b** https://i0.wp.com/www.co2partners.com/blog/wp-content/uploads/2011/12/Trapped.jpg
**c** http://www.gasxpress.co.uk/s/cc_images/cache_1165999.jpg?t=1470341440

**36 pav. a** https://www.researchgate.net/profile/Bernhard-Stojetz/publication/35416128/figure/fig3/AS:669521207627786@1536637703727/Classification-of-singlewall-carbon-nanotubes-corresponding-to-the-shape-of-the.png
**b** https://storge.pic2.me/c/560x350/947/56b47ca44dbc6.jpg
**c** http://web.wakayama-u.ac.jp/~kisoda/image/dwnt.jpg

**37 pav. a** https://graphitedaily.com/wp-content/uploads/2018/05/graphite2.jpg
**b** https://cdn.shopify.com/s/files/1/2047/9173/products/41vmZoO-rRL_large.jpg?v=1496948229
**c** https://i.ebayimg.com/images/g/D~QAAOSwCH9fTgeu/s-l1600.jpg

**38 pav. a** https://www.mostbeautifulthings.net/wp-content/uploads/2014/04/beautiful-diamond-jewelry-1.jpg
**b** https://i.pinimg.com/originals/78/93/17/78931742c6c526d4e45f961c80db8c78.png
**c** https://www.mostbeautifulthings.net/wp-content/uploads/2014/04/amazing-diamond-necklaces-1-745x1024.jpg

**39 pav. a** http://3.bp.blogspot.com/-KR9DYq76jgU/UeFywClsitI/AAAAAAAAaOY/nK-ySbf6SiE/s1600/grafene.jpg
**b** http://www.condmat.physics.manchester.ac.uk/images/pictures/graphenestrain3.jpg
**c** https://graphene-supermarket.com/images/XC/3D%20Foams/copper-foam-with-graphene-large-scale-small.jpg

**40 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/4/43/NitrogenRencer.png
**b** https://cknow.ru/uploads/posts/2017-08/1501867959_azot.jpg

**41 pav.** https://images.wisegeek.com/antoine-lavoisier.jpg

**42 pav. a** https://maitseained.ee/1112-large_default/nitriitsool-1-kg.jpg
**b** https://whc.unesco.org/uploads/thumbs/news_1997-500-375-20190703152042.jpg
**c** http://5.imimg.com/data5/JY/NV/MY-1705366/solid-potassium-nitrate-500x500.jpg
**d** https://footage.framepool.com/en/shot/120146973-saltpetre-works-salt-mineral-andes-chile
**e** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/Nitrato_de_Chile_01_by-dpc.jpg
**f** https://www.jamaicaobserver.com/apps/pbcsi.dll/storyimage/JO/20110109/ARTICLE/301099917/AR/0/AR-301099917.jpg&maxh=332&maxw=504

**43 pav. a** https://thumbs.dreamstime.com/t/nitrous-oxide-bottle-1827222.jpg
**b** https://images.assetsdelivery.com/compings_v2/dreamsnavigator/dreamsnavigator1604/dreamsnavigator160400183.jpg
**c** https://ajel.sa/uploads/material-file/5c1b9186440887c57fe7a62b/5c1b91688fe34.jpg

**44 pav. a** https://t3.ftcdn.net/jpg/01/20/99/42/500_F_120994282_QBKmYyUu35iCiV0TjBEXO6TzWyoKzt6F.jpg
**b** https://ua.all.biz/img/ua/catalog/1675340.jpeg

**45 pav.** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6e/Proteinviews-1tim.png

**46 pav. a** https://travelnews.aiguemarine-paris.com/wp-content/uploads/2015/02/aurore-8.png
**b** https://images6.alphacoders.com/555/555691.jpg

**47 pav. a** https://4.bp.blogspot.com/-xox8i9Ni0NI/VqgYgWyQGTI/AAAAAAAACO8/mXKIkD6oJIg/s1600/okxygen1.jpg
**b** https://www.online-sciences.com/wp-content/uploads/2014/07/Oxygen-Molecule.jpg

**48 pav. a** https://cdn.britannica.com/14/18314-050-80524769/Carl-Wilhelm-Scheele-Swedish-German-1780.jpg
**b** https://i0.wp.com/www.brainpickings.org/wp-content/uploads/2018/11/JosephPriestley_EllenSharples.jpg?resize=768%2C932&ssl=1
**49 pav.** https://www.essentialchemicalindustry.org/images/stories/410_Oxygen/41-Oxygen_07.jpg
**50 pav. a** https://www.airseacontainers.com/blog/wp-content/uploads/2020/05/oxygen-cylinder-with-compressed-gas.jpg
**b** https://i.cbc.ca/1.4639600.1524866125%21/fileImage/httpImage/oxygen-tanks.jpg
**51 pav. a** https://aerospaceengineeringblog.com/wp-content/uploads/2016/04/RocketEngine-768x353.jpg
**b** https://c4.staticflickr.com/5/4039/4666384603_a16f69f7d3.jpg
**52 pav.** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/lt/thumb/7/7f/Fotosinteze.gif/800px-Fotosinteze.gif
**53 pav.** http://www.nvspl.lt/nvspl/m/m_images/wfiles/ozonas-2791.png
**54 pav. a** https://1.bp.blogspot.com/-mR1cGA-lKE0/WPNsUjFdUDI/AAAAAAAACWA/RtDiihr1On85ni3Ra_WDIKi68TxeGdRzgCLcB/s1600/gas%2Bwelding.jpg
**b** https://i.pinimg.com/736x/a1/17/56/a117569ea371c2fed481672dfd61d092.jpg
**c** https://cdn4.iconfinder.com/data/icons/SUNNYDAY/medical/png/400/oxygen.png
**55 pav.** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/Hydrogen-peroxide-2D.png
**56 pav. a** http://math-science-resources.com/wp-content/uploads/2015/11/Diatomic-molecule-picture.jpg
**b** https://previews.123rf.com/images/oorka/oorka1701/oorka170100040/71123276-3d-render-of-atom-structure-of-carbon-isolated-over-white-background-protons-are-represented-as-red-.jpg
**c** https://fb.ru/misc/i/gallery/40269/1326690.jpg
**d** https://useruploads.socratic.org/twLlskvsT3yYgeFNiEgG_fluormolekl.f2.fluorine.molecule.f2.BKTPNR.jpg
**57 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dc/Henri_Moissan_portrait_3.jpg
**b** https://fb.ru/misc/i/gallery/40269/1326695.jpg
**58 pav. a** https://www.irocks.com/storage/media/59346/Fluorite-WiseMine-NH-154mm-3.jpg
**b** https://www.minerals.net/MineralImages/fluorite-green-Riemvasmaak-south-africa.jpg
**c** https://www.dakotamatrix.com/products/17234/cryolite#
**d** https://rruff.info/repository/sample/by_minerals/Cryolite__R050287__Sample__Photo__21022__T.jpg
**59 pav. a** https://media3.scdn.vn/images/ecom/category/2591-3.jpg

**b** https://cdn.shopify.com/s/files/1/2804/9422/products/0011FBN-Pureaid-Fluoride_Anticavity_ToothpasteMint_flavor-1_1024x1024@2x.jpg?v=1517012611

**c** https://www.jastmart.com/images/detailed/10/Fluride_toothpast.png

**60 pav. a** http://img.hani.co.kr/imgdb/resize/2019/0527/155882883157_20190527.JPG

**c** https://kvent.se/wp-content/uploads/2020/07/Fotolia_91154241_XXL_1.jpg

**d** https://www.youtube.com/watch?v=MqnyaUNxs9A

**e** http://www.chemistryland.com/CHM107/Final/Freons.jpg

**61 pav. a** https://assets.wn.com/wiki/en/f/47/A_water_droplet_DWR-c-03c78a.jpg

**b** https://sc04.alicdn.com/kf/UTB8POSMv5DEXKJk43Oqq6Az3XXaO.jpg

**c** https://is.alicdn.com/img/pb/763/225/780/780225763_002.jpg

**d** https://www.fifthroom.com/images/ProductSet/Zoom2/Tractor-Cover-8575-C.jpg

**62 pav.** https://www.jnfl.co.jp/en/business/uran/image/uranium-enrichment.png

**63 pav. a** https://thumbs.dreamstime.com/z/bombillas-de-ne%C3%B3n-317045.jpg

**64 pav.** http://amsneon.weebly.com/uploads/2/7/7/5/27754453/901521.jpg?361

**65 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/NeTube.jpg

**b** https://archive.li/B4XF0/e9989aba619361864c5f5f725c8fd0ba1e0cb523.jpg

**c** https://i.ebayimg.com/images/g/Z~wAAOSwx5hbtoSk/s-l1600.jpg

**d** https://farm2.static.flickr.com/1030/557149799_306dc2e372.jpg

**e** http://www.gesh.tv/wp-content/uploads/2015/11/Neon_Lasers_And_Lights_VJ_loop_10.jpg

**f** https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.f2SBtmz9KPrSt2shWBOT4gHaHa

**66 pav. a** https://i.pinimg.com/originals/ce/2c/5a/ce2c5a5e15651bb43cdaf272eb32dfe1.jpg

**b** https://as2.ftcdn.net/v2/jpg/03/58/54/95/500_F_358549516_Zr9OyuaUvmxxLoDd39698xz4lyIIngBD.jpg

**c** https://sbecouncil.org/wp-content/uploads/2017/05/Picture-169.png

**67 pav. a** https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium#/media/File:Na_(Sodium).jpg

**b** https://www.vanderkrogt.net/elements/images/elements/Na_sodium.jpg

**68 pav. a** https://en.wikipedia.org/wiki/Halite#/media/File:Halite-249324.jpg

**b** https://whatisautismanyway.files.wordpress.com/2012/04/nacl.jpg

**c** https://3.imimg.com/data3/IQ/BK/MY-13969432/feldspar-500x500.jpg

**d** https://images.sciencedevices.com/img/nauka/87/10-faktov-o-vode-i-ee-zapasah.jpg

**e** https://i.pinimg.com/564x/7b/f7/d9/7bf7d9dc1cc2d2e15380f746a5f1d7ad.jpg

**69 pav. a** https://i.pinimg.com/736x/84/2c/90/842c908758601370d9dc13bf48391e99.jpg

**b** https://u000256537.photoshelter.com/image/I0000HyIYLEumemQ

**c** https://images-of-elements.com/pse/s/natrium.jpg

**d** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a8/Flammenf%C3%A4rbungCa.png

**70 pav. a** https://cdn.shopify.com/s/files/1/2442/4959/products/Heart_20-_20Tangerine_720x.jpg?v=1511997103
**b** https://es.wikipedia.org/wiki/Jab%C3%B3n#/media/Archivo:Tualetsapo.jpg
**c** http://images.freeimages.com/images/thumbs/6a1/soap-1417687.jpg
**d** https://www.picclickimg.com/d/l400/pict/294015195463_/Lot-of-13-Avon-Hostess-Soap-Sets-Vtg.jpg

**71 pav. a** https://images-of-elements.com/s/magnesium-2.jpg
**b** https://dominikplesa.files.wordpress.com/2012/10/magnesium1.jpg

**72 pav. a** https://en.wikipedia.org/wiki/Magnesium_sulfate_(medical_use)#/media/File:Magnesium_sulfate.JPG
**b1** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7b/Forsterite-Olivine-4jg58b.jpg
**b2** https://topgems.com.ua/image/cache/600-654/data/img/2018/08/serebryanoe-kolco-naturalnyy-hrizolit-peridot-anna-19r-17892.jpg
**c** https://www.prirodovedci.cz/storage/images/300x230/1614.jpg
**d** http://mineralogy4kids.org/sites/default/files/carnallite.jpg

**73 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3d/Magnio_gamykla.jpg/400px-Magnio_gamykla.jpg
**b** https://www.amazingrust.com/Experiments/how_to/Images/Flame%20Test/Mg/Mg1.jpg
**c** https://izismile.com/img/img2/20091005/daily_picdump_256_73.jpg
**d** https://cs.stanford.edu/people/eroberts/courses/ww2/projects/firebombing/incendiary-materials/image005.jpg

**74 pav. a** http://i01.i.aliimg.com/img/pb/044/913/259/1280370976448_hz-myalibaba-temp13_1255.JPG
**b** https://5.imimg.com/data5/KI/IS/MY-44204255/magnesium-alloys-az31b-500x500.jpg
**c** https://en.wikipedia.org/wiki/Magnesium#/media/File:Mg_alloy_car_engine_blocks.jpg
**d** https://i.pinimg.com/564x/4f/bd/09/4fbd0963c874c69ba95657da1f8982a4.jpg

**75 pav. a** https://i2.wp.com/www.gydykis.lt/wp-content/uploads/2017/09/magnio-produktai.jpg?w=460&ssl=1
**b** https://en.wikipedia.org/wiki/Antacid#/media/File:Antacid-L478.jpg

**76 pav. a** https://images-of-elements.com/s/aluminium.jpg
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5d/Aluminium-4.jpg/330px-Aluminium-4.jpg

**77 pav. a** http://sr.photos3.fotosearch.com/bthumb/CSP/CSP991/k12266557.jpg
**b** https://de.wikipedia.org/wiki/Friedrich_W%C3%B6hler#/media/Datei:Friedrich_W%C3%B6hler_Litho.jpg

**78 pav. a** https://s1.15min.lt/images/photos/2012/07/24/original/pusbrangiai-akmenys-500eed4169f93.jpg
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fe/Mica-in-rock-from-alstead.jpg/220px-Mica-in-rock-from-alstead.jpg
**c** http://my.ecplaza.net/hjfdchemical01/16s.gif
**d** https://www.elega.lt/images/pic2.jpg

**79 pav. a** http://3.bp.blogspot.com/-DgriE4hulQI/TqwCwMsg3eI/AAAAAAAACmk/FjQnLpDRyn4/s640/ruby-exporters-india.jpg
**b** https://www.thewaart.com/images/emeralds/emeralds1.jpg
**c** https://fb.ru/misc/i/gallery/104478/2784642.jpg
**d** http://www.ranaweeragems.lk/varetyimg/gem_details_19.jpg
**e** https://cdn.shopify.com/s/files/1/1904/6841/articles/2012_1_1100x.jpg?v=1545497569
**f** http://www.gemstoneslist.com/images/turquoise.jpg

**80 pav.** https://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium#/media/File:Aluminium_-_world_production_trend.svg

**81 pav.** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/d/d2/Eros-piccadilly-circus_cropped.jpg

**82 pav. a** https://shop.copt.it/uploads/CO23186.jpg
**b** https://avatars.mds.yandex.net/get-zen_doc/3915824/pub_5f4d120b35f73b20b182dbc9_5f4d135fd57e8025b7919eba/scale_1200
**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/03/Telescope.jpg
**d** http://www.chinaaluprofile.com/wp-content/uploads/2018/01/Fluorocarbon-coatin063-alloy-industrial-aluminum_dfdstuj6576-600x550_%E5%89%AF%E6%9C%AC_%E5%89%AF%E6%9C%AC_%E5%89%AF%E6%9C%AC_%E5%89%AF%E6%9C%AC-1.jpg

**83 pav. a** https://wemma.org/img/GlasgowArmadillo.jpg
**b** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/31o-JWoXDnL._AC_.jpg

**84 pav. a** https://4.imimg.com/data4/AJ/JH/MY-1248931/decorative-street-light-pole-500x500.jpg
**b** https://www.americansecurityproject.org/wp-content/uploads/2012/06/Electric_transmission_lines-300x225.jpg
**c** https://agrogile.lt/1187-thickbox_default/445003-aliuminio-viela-2mm-400m.jpg
**d** https://www.nashmusicservice.nl/wp-content/uploads/2016/07/dvd-dupliceren-fp.jpg?x96723
**e** http://sc02.alicdn.com/kf/HTB1wm0mMFXXXXXqaXXXq6xXFXXXT/aluminum-forging-pin-heat-sink-for-300w.jpg_200x200.jpg

**85 pav. a** https://www.24sata.hr/media/img/b7/8d/4d47d632e426287e7afa.jpeg
**b** https://d2j6dbq0eux0bg.cloudfront.net/images/19433001/1780164961.jpg
**c** https://st.motortrend.com/uploads/sites/42/2011/11/2012-Honda-CR-V-EX-L-AWD-frame.jpg
**d** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6f/ThermiteFe2O3.JPG/1200px-ThermiteFe2O3.JPG

**86 pav. a** http://www.auksarankes.lt/forumas/pics/dogwood_blossom_cuff_1.pr.jpg
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/20/5_litai_coin_%281991%29.jpg
**c** https://bestinpackaging.files.wordpress.com/2012/10/120870-aluminum_beverage_can-w320-100dpi.jpg?w=470
**d** https://wired.jp/wp-content/uploads/2012/04/opus-300x211.jpg
**e** https://media.karousell.com/media/photos/products/2018/11/20/18_subaru_forester_xt_rims_and_tires__original_1542708295_ad96c191_progressive.jpg
**f** http://file2.okorder.com/prodalbum/2015/11/12/ba3806c034139603acc2158f9ed62329_300.jpg
**g** http://www.statybajums.lt/resources/images/straipsniai/betafence/coalmine9.jpg.jpg
**h** https://img07.rl0.ru/8e85ed136dfb68c2c431e75fccd148eb/c900x379/sopheon-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/ebook-plane.jpg
**i** https://www.writework.com/uploads/7/75746/bmx-bike-example-bicycle-designed-sport.jpg
**j** http://1.bp.blogspot.com/-2UXmWV9U0N8/TbrTyqkzyRI/AAAAAAAAAxY/wIyZDGvNthY/s1600/11048.rocket.jpg

**87 pav. a** http://4.bp.blogspot.com/-xUVx-XuXR0M/VTkyuYM6wFI/AAAAAAAAAvs/pZgfOMXaG58/s1600/AluminumRecylcingChart.jpg

**88 pav. a** http://www.mtikorea.co.kr/web/product/big/20200205/11f473b6c3999c47473a94674ffc5528.jpg
**b** http://www.nestlaboratory.com/images/contentimages/77.jpg
**c** https://www.researchgate.net/profile/Kyung-Do-Suh-2/publication/243949606/figure/fig1/AS:298463616094225@1448170679769/SEM-photographs-of-the-PS-seed-particles-by-dispersion-polymerization-ET90-a-ET95.png

**89 pav. a** https://tipsmake.com/data/images/things-you-need-to-know-about-germanium-germanium-picture-1-kiiIfwZNm.jpg
**b** https://warbletoncouncil.org/img/science/silicio-historia-propiedades-estructura-obtencin-usos-1.webp

**90 pav.** https://www.sciencesource.com/Doc/TR1/f/f/d/d/SS2789754.jpg?d63644519356

**91 pav. a** https://mpng.subpng.com/20180304/rie/kisspng-rose-quartz-crystal-healing-rock-crystal-stone-5a9c384ca84158.156310721520187468692.jpg
**b** https://www.nepm.org/sites/wfcr/files/styles/medium/public/201807/beach-sand.jpg
**c** https://rekvizitai.vz.lt/photos/tn_granitas_kaunas-472.jpg
**d** https://s2.15min.lt/images/photos/2015/07/17/original/titnagas-55a8c910ce528.jpg

**92 pav. a** https://cdn.irocks.com/storage/media/83756/QTZ09b-WM-Rose-Quartz-Island-find-Brazil-fine-mineral-specimen.jpg
**b** https://marajc.lt/Yinhed-prabanga-nat%C5%ABralus-ro%C5%BEinis-kvarcas-akmuo-auskarai-rose-gold-mados-stud-auskarai-moterims-papuo%C5%A1alai-dovana-su-b%C5%ABda-ze0033/img_1-110449/pictures.jpeg
**c** https://i.etsystatic.com/15064136/r/il/9d0ac4/2128447659/il_300x300.2128447659_4jmq.jpg

**93 pav. a** A. Beganskienė, A. Kareiva, A. Žalga. *Pagrindinių grupių elementų chemija*. Vilniaus universitetas, Vilnius, 2011, 190 p. ISBN 978-9955-634-71-3 (psl. 88–89).
**b** A. Beganskienė, A. Kareiva, A. Žalga. *Pagrindinių grupių elementų chemija*. Vilniaus universitetas, Vilnius, 2011, 190 p. ISBN 978-9955-634-71-3 (psl. 88–89).
**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fa/Zeolite-ZSM-5-vdW.png/792px-Zeolite-ZSM-5-vdW.png

**94 pav. a** https://www.kramerindustriesonline.com/wp-content/uploads/product_silicon_carbide.jpg
**b** https://en.wikipedia.org/wiki/Silicon_carbide#/media/File:SiC_p1390066.jpg
**c** https://www.tools4flooring.com/media/catalog/product/cache/ecd051e9670bd57df35c8f0b122d8aea/m/e/mercer-floor-sanding-discs.jpg

**95 pav. a** https://lt.vision1cyclings.com/images/biznes/kvarcevie-stekla-osobennosti-proizvodstva-gost-steklo-kvarcevoe-opticheskoe-primenenie.jpg
**b** https://cdn.shopify.com/s/files/1/0022/2058/9091/products/3426470261500_01_2000x.jpg?v=1581366193

**96 pav. a** https://en.wikipedia.org/wiki/Silicon_Valley_(TV_series)#/media/File:Silicon_valley_title.png
**b** https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.RebjbobyK0jif9Swhz7h_AHaE6&pid=15.1

**97 pav. a** https://www.wilfley.com/wp-content/uploads/2020/06/wilfley-centrifugal-pumps-alloy-g-nickel-alloy-superalloy-photo.jpg
**b** https://metallurgyfordummies.com/wp-content/uploads/2011/08/superalloys.jpg
**c** https://theengineer.markallengroup.com/production/content/uploads/2010/02/30_pic2-137x200.jpg

**98 pav. a** https://img.diytrade.com/smimg/1155701/48541182-10573919-0/P_type_semiconductor_si_ingot/60fc.jpg
**b** https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wafer_2_Zoll_bis_8_Zoll_2.jpg
**c** https://it.wikipedia.org/wiki/Fabbricazione_dei_dispositivi_a_semiconduttore#/media/File:Silicon_wafer_with_mirror_finish.jpg

**99 pav. a** https://newdaycrypto.com/wp-content/uploads/2020/04/c0dc77cc7618920b97fad68e9804005a.jpg
**b** https://img.dtcn.com/image/digitaltrends/ibm-a-quantum-computer-11-720x480.jpg
**c** https://img95.699pic.com/xsj/01/vf/ex.jpg%21/fh/300

**d** https://cdn.mos.cms.futurecdn.net/eTTSSNZTzAcaC4CgD5b84D.jpg

**e** https://static.wixstatic.com/media/7b186c_4c15f5047543446a824b82e8256c08ac~mv2.jpg/v1/fill/w_258,h_287,al_c,q_80,usm_0.66_1.00_0.01/iStock%20-%20478978812.webp

**100 pav. a** https://5.imimg.com/data5/MT/KV/MY-3357224/opc-53-grade-cement-500x500.png

**b** http://photos.demandstudios.com/getty/article/78/7/87463320.jpg

**101 pav. a** https://lt.wikipedia.org/wiki/Silikonas#/media/Vaizdas:Caulking.jpg

**b** https://hydroponicsbc.com/img/keloideto_32356454.jpg

**c** https://www.masquesalud.com/wp-content/uploads/2013/06/tipos-de-silicona-para-implantes.jpg

**d** https://4.imimg.com/data4/PH/WB/MY-6098765/11111111111111111111111111-500x500.jpg

**e** https://i2.wp.com/tamararubin.com/wp-content/uploads/2017/03/spatula.jpg?w=1500&ssl=1

**f** https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1v0CYQFXXXXbWXXXXq6xXFXXXs/Soft-Silicone-Realistic-Male-Mannequin-Foot-Display.jpg_q50.jpg

**102 pav. a** https://c2.staticflickr.com/4/3764/9457418581_bb2100a236_k.jpg

**b** http://www.fotonas.su.lt/studdarbai/astronomija/priedai/apollo11_2.html

**c** https://www.nist.gov/sites/default/files/styles/960_x_960_limit/public/images/2017/11/08/Aldrin_Apollo_11-1.jpg?itok=Mq0l7-ju

**d** https://www.vz.lt/apps/pbcsi.dll/storyimage/VZ/20190720/ARTICLE/190729989/AR/0/AR-190729989.jpg?exactW=800&imageversion=Horizontalus&lastupdate=191

**103 pav. a** https://lh6.ggpht.com/-gwTam_jPis8/Ulkqh7KRR4I/AAAAAAAAAF0/nRlMzrDogVs/WHITE%252520PHOPSORUS%25255B13%25255D.jpg?imgmax=800

**b** http://www.juventudrebelde.cu/thumbs/425x/crc/images/medias/2019/02/d5OxOf_25-02-2019_14.02.10.000000.jpg

**c** https://pyrodata.com/sites/default/files/styles/medium/public/red_0.jpg?itok=Qcs-q_XN

**104 pav. a** http://don.genemcguire.com/images/US%20Army%20-%20Corps%20of%20Engineers;%20White%20Phosphorus%20Explosion,%201945.jpg

**b** http://www.notmytribe.com/wp-content/uploads/2009/01/gaza-white-phospherous.jpg

**c** http://csillam.szm.com/bp/3alegyseg/alkimistak/alkimistaFOSFOR2.jpg

**105 pav. a** https://www.historytoday.com/sites/default/files/458px-DSCN5766-guano-glantz_crop_b.jpg

**b** https://www.aljazeera.com/wp-content/uploads/2017/08/94002dc72e46469d86dde08282eeb3d5_8.jpeg?fit=1170%2C781

**c** https://sites.google.com/site/webquesteconomiaguanera/_/rsrc/1479947483511/introduccion/guano.jpg

**d** https://soloida.com/wp-content/uploads/2016/04/islas-ballestas-guano-300x200.jpg

**e** https://geology.com/minerals/photos/apatite-447-a.jpg

**f** https://55.media.tumblr.com/c393a894b88d415e5b55be2372641294/tumblr_inline_n3xx6mkVH71qhyo98.jpg

**g** https://t4.ftcdn.net/jpg/00/99/60/15/240_F_99601516_bNDX4YHnws7vF0enBZvFJllf0W5gAU3b.jpg

**106 pav. a** https://i2-prod.mirror.co.uk/incoming/article6726499.ece/ALTERNATES/s615b/PAY-Ian-Stewart.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Hand2ndburn.jpg

**107 pav. a** https://www.pethealthnetwork.com/sites/default/files/blue-green-algae-a-deadly-danger-dogs-147247149.jpg

**b** http://photos.demandstudios.com/getty/article/41/159/87653684_XS.jpg

**c** https://www.solitudelakemanagement.com/wp-content/uploads/2021/03/The-Impact-of-Phosphorus-Pollution-on-Water-Bodies_SePRO_Blog_e.jpg

**108 pav.** https://www.lifosa.com/data/public/uploads/2021/03/produkcija_lt.png

**109 pav. a** https://steemitimages.com/p/2ufhwNX7NioMDYPFNTRhSXgucnePB8tvo4pHipz7TUw6ywNQUdxDjJRmGAwr4zGxcwfXx9Kc2?format=match&mode=fit&width=640

**b** https://www.4freephotos.com/medium/batch/Matches-on-fire245.jpg

**c** https://media.istockphoto.com/photos/half-opened-blank-matchbox-with-matches-inside-isolated-on-white-picture-id491786099?s=612x612

**d** https://www.pulsk.com/images/2014/06/22/53a65a5170f42_53a65a5171ee7.jpg

**110 pav.** https://questionofwill.com/img/qu-mica/406/desoxirribosa-estructura-7.jpg

**111 pav. a** https://i.pinimg.com/564x/62/28/68/6228682b65d8743a828177f786391f61.jpg

**b** https://scx1.b-cdn.net/csz/news/800a/birdbonesmay.jpg

**c** https://ve.lt/naujienos/kriminalai/klaipedoje-rasti-zmogaus-kaulai-ir-kaukole

**d** https://courses.washington.edu/bonephys/opop/Mueller.jpg

**112 pav. a** https://www.poison.news/wp-content/uploads/sites/284/2017/09/Pesticide-Spray-Crops-Farm.jpg

**b** https://hyperreal.info/sites/hyperreal.info/files/grafika_artykul_skrot/vladimir-fridland-uno-de-sus-mapas.jpg

**c** https://businessnc.com/wp-content/uploads/2019/02/cash-crop-feature_gettyimages-946328504.jpg

**113 pav. a** https://chemijospasaulis.files.wordpress.com/2015/12/sulfur-sample.jpg?w=388&h=291

**c** http://i01.i.aliimg.com/photo/v0/152899315/Yellow_Sulfur.jpg

**114 pav. a** https://www.researchgate.net/publication/314191005/figure/fig1/AS:586086824816640@1516745396070/Recent-Advances-in-Organic-Reactions-Involving-Elemental-Sulfur.png
**b** https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-56ce85b7690994a8633534d6de5a7ec3.webp
**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7e/Cyclooctasulfur-above-3D-balls.png/200px-Cyclooctasulfur-above-3D-balls.png
**d** https://en.wikipedia.org/wiki/Sulfur_(pharmacy)#/media/File:Molecular_Sulfur_(S8)_V.1.svg

**115 pav. a** https://cdn.imgbin.com/2/19/12/imgbin-alchemical-symbol-alchemy-sulfur-chemical-element-symbol-ctj1VyGDAmY0FqDRiuEHBU85S.jpg
**b** https://www.symbols.com/images/symbol/2/156_the-sulfur-symbol.png
**c** https://p.kindpng.com/picc/s/76-763227_sulfur-symbol-hd-png-download.png

**116 pav. a** https://external-preview.redd.it/s3zv9FQ-7EEdx3yNjk8lhSnVk9VizKNrCyC4Aoe2b2Y.jpg?width=960&crop=smart&auto=webp&s=ef3f3e66b92fa29e8890affa2e-8075e0552b314d
**b** https://i.pinimg.com/564x/45/10/2a/45102a9a8ebdadd8c63744d369d3ab2b.jpg
**c** https://www.sciencesource.com/Doc/TR1/1/1/7/3/SS2404249.jpg?d63642107058

**117 pav. a** https://www.eluniverso.com/resizer/q-HPmwO6-KruauAfsvc0Aqk4W_o=/1085x670/smart/filters:quality(70)/cloudfront-us-east-1.images.arcpublishing.com/eluniverso/XHTVXBZSKJB5ZJHPPSVXC4R3WQ.jpg
**b** https://geology.com/minerals/photos/sphalerite-266.jpg
**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/98/Galena.jpg/180px-Galena.jpg
**d** https://lt.wikipedia.org/wiki/Cinoberis_(mineralas)#/media/Vaizdas:Cinnabar.jpg

**118 pav. a** https://geology.com/minerals/photos/sulfur-terminal.jpg
**b** https://t4.ftcdn.net/jpg/03/15/29/17/240_F_315291795_C9gHeWuAkgx1aUuqEduNcOFKLJTr5aS8.jpg
**c** http://stabcenter.com/wp-content/uploads/2020/10/sulfurfig1new.jpg

**119 pav. a** https://haygot.s3.amazonaws.com/questions/161974_164056_ans.jpg
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bc/Frasch_Process.png/435px-Frasch_Process.png
**c** https://slidetodoc.com/presentation_image_h/18508e2065589f95848ac84a5b5d4f0b/image-133.jpg

**120 pav. a** http://www.mrietze.de/images/Indonesien11/Id110850.jpg
**b** http://www.devcoaustralia.com/products.html

**121 pav. a** https://i0.wp.com/syl.ru/misc/i/ai/141678/403645.jpg

**b** https://static.grainger.com/rp/s/is/image/Grainger/5CVU1_AS01?hei=536&wid=536&$adapimg$=

**c** https://5.imimg.com/data5/EY/OQ/MY-9682121/sulphuric-acid-500x500.jpg

**122 pav. a** http://www.chipstone.org/imgpublications/1/39/726/smMinardi-01.jpg

**b** https://i.pinimg.com/236x/13/af/02/13af02299f5e30cd092dc4c7fa292f95.jpg

**123 pav. a** http://2.bp.blogspot.com/-TdwSsO-mNvE/UaamMUpa4vI/AAAAAAAADZ8/eofbqtX8CCk/s640/StuffShimmer+001.JPG

**b, c** http://cpi.studiod.com/www_livestrong_com/photos.demandstudios.com/44/144/fotolia_1366112_XS.jpg

**d** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/519pbKX975L._AC_SL1152_.jpg

**e** http://petsbestrx.com/wp-content/uploads/2010/07/sulfurCompare.gif

**124 pav. a** https://i.pinimg.com/564x/de/a4/c1/dea4c147f848a52b99007e410a9f57fa.jpg

**b** http://www.smarthealthtalk.com/uploads/5/8/6/5/5865198/1556301_orig.jpg

**c** https://www.drinkstuff-sa.co.za/wp-content/uploads/Sulphites-in-wine.jpg

**d** https://media.winefolly.com/sulfites-in-wine.jpg

**e** https://melandrose.files.wordpress.com/2014/09/gg.jpg?w=259&h=259

**125 pav. a** https://sciencenotes.org/wp-content/uploads/2015/04/17-Chlorine-Tile.png

**c** https://s3-us-west-2.amazonaws.com/courses-images/wp-content/uploads/sites/1462/2017/01/30175118/two-chlorine-atoms.png

**e** https://thumbs.dreamstime.com/z/chlorine-molecule-icon-white-background-vector-illustration-chlorine-molecule-icon-168686862.jpg

**126 pav. a** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/71vD56x0SaL._AC_SL1000_.jpg

**127 pav. a** https://images.infobloom.com/dead-sea-salt-deposits.jpg

**b** http://travellingmoods.com/wp-content/uploads/2015/02/dead-sea-salt-500x334.jpg

**128 pav. a** https://www.mediclinicinfohub.co.za/wp-content/themes/mediclinic/timthumb.php?src=https://www.mediclinicinfohub.co.za/wp-content/uploads/2015/03/mediclinic-banner-salt.jpg&h=432&w=970&zc=1

**129 pav. a** https://media.tacdn.com/media/attractions-splice-spp-674x446/0b/2d/13/03.jpg

**b** http://www.rumonline.net/image.php?token=695b0a09c85eb3f3eec8ef73030613f6&size=large

**c** https://theplanetsworld.com/bucket-list/9-of-best-travel-destinations-to-take-selfie-3.jpg

**130 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7a/Chloralkali_membrane.svg/500px-Chloralkali_membrane.svg.png

**131 pav. a** https://media.gettyimages.com/photos/filled-chlorine-cylinders-await-transportation-in-the-packaging-of-picture-id102508925?s=2048x2048

**b** https://corken.com/CMS_Images/Industries_Images/truck_transport_trailer/bobtail_truck_lpg_small.jpg

**c** https://www.arleasing.com/Images-Trains/CornSyrup_large.jpg

**d** https://3.imimg.com/data3/KP/NU/MY-7958054/chlorine-gas-cylinder-100-kg-500x500.jpg

**132 pav. a** https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorine#/media/File:Chlorine_liquid_in_an_ampoule.jpg

**b** https://www.quotemaster.org/images/c5/c516206fb1e16fa519897e668cf086be.jpg

**c** https://i.pinimg.com/564x/b4/64/4e/b4644eb472da074c8c7a4af1eb73ddc6.jpg

**133 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/18/Die_chemischen_elemente_cl.jpg/330px-Die_chemischen_elemente_cl.jpg

**b** https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQMxjGIUHyNsbGAq_cPMfMY4sLrNBkbt-_HBw&usqp=CAU

**134 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/48/Hydrogen-chloride-3D-vdW-labelled.png/648px-Hydrogen-chloride-3D-vdW-labelled.png

**b** https://tr.wikipedia.org/wiki/Hidroklorik_asit#/media/Dosya:Hydrochloric_acid_30_percent.jpg

**135 pav. a** https://en.wikipedia.org/wiki/Antoine_Germain_Labarraque#/media/File:A_G_Barraque.jpg

**b** https://en.wikipedia.org/wiki/Ignaz_Semmelweis#/media/File:Ignaz_Semmelweis_1860.jpg

**136 pav. a** https://www.polymersolutions.com/blog/wp-content/uploads/2016/04/pvc.jpg

**b** https://omnexus.specialchem.com/_/media/selection-guides/omnexus/polymer-profiles/polyvinylchloride/pvc-pipes.jpg?h=250&w=410&la=en

**c** https://www.greenandgrowing.org/wp-content/uploads/2016/12/color-furniture-grade-pvc.jpg

**d** https://raymaxconstruction.com/wp-content/uploads/2020/01/chemicals-polyvinylchloride-social-1200x630-300x158.jpg

**137 pav. a** https://5.imimg.com/data5/NL/ZX/UU/SELLER-695177/swimming-pool-chlorinator-250x250.jpg

**b** https://www.medallionenergy.com/medallion/wp-content/uploads/2017/01/liquid-chlorine-678x509.jpg

**c** https://www.freedrinkingwater.com/images-new/whole-house-articles/water-contaminants.jpg

**d** https://visionb4you.files.wordpress.com/2017/08/11-21-07-images.jpg?w=335&h=201

**e** http://www.waterhelp.org/slide_artwork/226_chlorine_reactions_with_impurities_fin.png

**138 pav. a** https://sensorex.com/wp-content/uploads/2016/12/blog_wastewater-800x430.jpg

**139 pav. a** https://en.wikipedia.org/wiki/Polymer_degradation#/media/File:Chlorine_attack1.jpg

**b** http://read.nxtbook.com/wiley/plasticsengineering/novemberdecember2015/consultantscorner/F1.jpg

**c** https://nationalwaterservice.com/wp-content/uploads/2019/08/chlorides-attack-on-stainless-steel.jpg

**141 pav. a** https://en.wikipedia.org/wiki/John_William_Strutt,_3rd_Baron_Rayleigh#/media/File:John_William_Strutt.jpg

**142 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fa/Argon.jpg/270px-Argon.jpg

**b** https://5.imimg.com/data5/QC/XM/MY-24883407/argon-500x500.png

**c** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/316tfPmLZBL._AC_.jpg

**143 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/11/CsCrystals.JPG

**b** http://newsimg.bbc.co.uk/media/images/41278000/jpg/_41278890_lightbulbbbc203.jpg

**c** https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.cKsIqa8C2cv7vezivnpo4wDhEs&pid=15.1&H=213&W=160

**d** https://lt2.pigugroup.eu/colours/767/293/1/7672931/173424ca243ff45e2169e9db553d2d74_xbig.jpg

**144 pav. a** https://andydaly.files.wordpress.com/2013/10/glovebox.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/85/Glovebox.jpg/440px-Glovebox.jpg

**c** https://img.medicalexpo.com/images_me/photo-g/108344-9266246.webp

**145 pav. a** http://st.depositphotos.com/1048171/1964/i/950/depositphotos_19644633-stock-photo-argon-arc-welding-inert-gas.jpg

**b** https://img.17qq.com/images/pqhsfkghgsy.jpeg

**146 pav. a** http://sc02.alicdn.com/kf/HTB1Tex8bNWYBuNjy1zkq6xGGpXa6/Vacuum-atmosphere-furnaces-atmosphere-muffle-furnace-laboratory.jpg_350x350.jpg

**b** https://dadielectric.en.ec21.com/1200.C_Argon_Inert_Gas_Protection--9508742_9332664.html

**147 pav. a** http://i01.i.aliimg.com/img/pb/760/776/108/108776760_409.jpg

**b** https://www.nationalchickencouncil.org/wp-content/uploads/2013/02/Elec-Stunning.jpg

**148 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2f/ArTube.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c3/Glowing_vial_with_fixture.jpg

**c** http://www.chemicool.com/elements/images/300-argon-discharge.jpg

**d** https://www.bigstockphoto.com/image-77106743/stock-photo-neon-dog?utm_medium=Affiliate&utm_campaign=TinEye&utm_source=77643&utm_term=

**149 pav. a** https://d1ymz67w5raq8g.cloudfront.net/Pictures/480xAny/0/6/7/110067_eic0614_soundbite_630m.jpg

**b** https://www.scienceabc.com/wp-content/uploads/2018/02/Athlete-inhaling-football-player-closeup-370x297.jpg

**c** https://www.sthelensstar.co.uk/resources/images/11007429/

**150 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f1/K%2C19.jpg/220px-K%2C19.jpg

**c** https://s5.picofile.com/file/8111678934/Potassium_2.jpg

**151 pav. a** https://en.wikipedia.org/wiki/Orthoclase#/media/File:OrthoclaseBresil.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bc/Fj%C3%A6regranitt3.JPG/450px-Fj%C3%A6regranitt3.JPG

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0c/Mineral_Silvina_GDFL105.jpg/200px-Mineral_Silvina_GDFL105.jpg

**d** https://static.educalingo.com/img/pl/800/karnalit.jpg

**e** https://www.mindat.org/photo-345472.html

**152 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/43/Potassium_water_20.theora.ogv/640px--Potassium_water_20.theora.ogv.jpg

**b** https://i.pinimg.com/564x/d2/87/53/d28753dbf117264624853c4aa4f30ba8.jpg

**c** https://lt.wikipedia.org/wiki/Liepsnos_testas#/media/Vaizdas:Flammenf%C3%A4rbungK.png

**153 pav. a** http://ligos.lt/file/manual/Hidrolize%CC%87.png

**154 pav. a** https://en.wikipedia.org/wiki/Gunpowder#/media/File:Black_Powder_Close_Up.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/df/Pyrodex_powder_ffg.jpg/220px-Pyrodex_powder_ffg.jpg

**c** https://www.e-herbata.pl/images/nowe_lekkie_zdjecia/herbaty_zielone/China%20Gunpowder%20Super%20576.jpg

**155 pav. a** http://www.auksarankes.lt/forumas/pics/Glass-Ball.jpg

**b** https://afterglowretro.files.wordpress.com/2012/03/rosicejurnikl1.jpg?w=1000

**c** http://pic.ntimg.cn/file/20180802/10342912_112013790037_2.jpg

**156 pav. a** https://lt.wikipedia.org/wiki/Kalio_cianidas#/media/Vaizdas:Kaliumcyanid.jpg

**b** https://amazingphamaceutical.com/wp-content/uploads/2016/06/n4.jpg

**c** https://thumb7.shutterstock.com/image-photo/redirected-150nw-210844915.jpg

**157 pav. a** https://i.pinimg.com/564x/d5/ea/60/d5ea600aa1530faa2990150ddbc8bfb3.jpg

**b** https://www.heart.org/-/media/images/news/2018/september-2018/0920heartattack_sc.jpg?la=en&hash=D5D6440700D2B99A4FF01EBC138EB91CFE6EF49D

**c** https://painfreephysio.com/wp-content/uploads/2014/01/back-pain-pain-free-physiotherapy.jpg

**d** https://www.americanspinalclinic.com/wp-content/uploads/2018/11/SNHS-neck-pain-1-768x381.jpg

**e** https://razondelaesperanza.files.wordpress.com/2010/11/grief-300x2051.jpg?w=700

**158 pav. a** https://en.wikipedia.org/wiki/Calcium#/media/File:Calcium_unter_Argon_Schutzgasatmosph%C3%A4re.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/72/Calcium.jpg

**159 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ec/Brimham_Rocks_3.jpg/800px-Brimham_Rocks_3.jpg

**b** https://farm1.static.flickr.com/208/471889484_9174a83b83_o.jpg

**160 pav. a** https://aneatstreet.files.wordpress.com/2015/03/dsc_0687.jpg

**b** https://www.molon.de/galleries/Malaysia/Sarawak/Mulu/Pinnacles/images01/11%20Limestone%20pinnacles.jpg

**c** https://i.pinimg.com/564x/e0/15/7b/e0157bce986615f3b09c0562a5505e24.jpg

**d** https://www.surreyartists.co.uk/wp-content/uploads/2020/07/Limestone-Sculpture-Guidance-Zeljko-Ivankovic-Jericho-Sculptor-and-Artist-Surrey-Sculpture-Society.jpg

**161 pav. a** https://i.pinimg.com/564x/ef/17/68/ef176830f8df631dc51b2b1fcd9a669a.jpg

**b** https://5.imimg.com/data5/EA/VP/MY-27320452/granite-floor-tile-500x500.jpg

**162 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/78/Gypsum-24382.jpg

**b** http://northerndolomite.com/site/data/fckfiles/image/calcium.jpg

**c** https://i.pinimg.com/236x/94/d5/b1/94d5b134609b1079cfe4e6da37683974.jpg

**163 pav. a** https://assets.newatlas.com/dims4/default/fd7674b/2147483647/strip/true/crop/1024x683+0+43/resize/1200x800!/format/webp/quality/90/?url=http%3A%2F%2Fnewatlas-brightspot.s3.amazonaws.com%2Farchive%2Fseashells-1.jpg

**b** https://hareraama.in/wp-content/uploads/2010/03/seashell_w_pearl-full.jpg

**c** https://philnews.ph/wp-content/uploads/2017/01/eggshells.jpg

**164 pav. a** https://www.mbgnet.net/salt/animals/1coral.jpg

**b** https://znai.com.ua/wp-content/uploads/2020/08/preview_w698zc0.jpeg

**165 pav. a** https://cdn-tp2.mozu.com/16833-25855/cms/25855/files/d5ca2991-056c-4830-a773-877d14b5ee9f?max=350&quality=75&_mzcb=_1618548932173

**b** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/41N1W%2BO3b6L.jpg

**166 pav. a** https://www.africabearings.com/wp-content/uploads/2014/02/51d56W9KsdL._SX385_.jpg

**b** https://images.etrailer.com/static/images/pics/1/5/15123_10_500.jpg

**c** https://www.finol.ie/wp-content/uploads/2017/06/bearing_grease-300x225.jpg

**167 pav. a** http://www.soft-matter.uni-tuebingen.de/images/leed_photo2.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c1/Flammenf%C3%A4rbungNa.png

**168 pav. a** https://149366112.v2.pressablecdn.com/wp-content/uploads/2019/03/shutterstock_177025973.jpg

**b** https://www.adeevee.com/aimages/200301/01/laboratoires-roche-nicholas-rennie-for-heartburn-burning-t-shirt-boy-burning-t-shirt-girl-outdoor-203032-adeevee.jpg

**c** https://www.uofmhealth.org/sites/default/files/healthwise/media/medical/multum/001350070_pb.jpg

**169 pav.** https://lt.wikipedia.org/wiki/Kalcis

**170 pav. a** https://www.drgeldernick.com/wp-content/uploads/2017/05/Osteoporosis-boneImage.jpeg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a9/XrayRicketsLegssmall.jpg

**c** https://www.stamfordhealth.org/app/files/public/746e7133-cea4-4154-916c-7af67ec636d1/scoliosis.jpg

**d** https://www.medguru.lt/wp-content/uploads/2020/01/image_1_75006709-675x411.jpg

**171 pav. a** https://www.nairaland.com/attachments/5792024_animalfeedsupplement_jpeg0f0955d602802f4841c12dd03ba133c7

**b** https://thumbs.dreamstime.com/z/sources-calcium-6376545.jpg

**172 pav. a** https://sc04.alicdn.com/kf/UTB8WpjAu_zIXKJkSafVq6yWgXXaV.jpg

**c** http://sciencesanthony.weebly.com/uploads/9/0/7/3/9073713/3428104.jpg

**173 pav. a** https://userscontent2.emaze.com/images/10f71ab8-a25f-422f-9ca4-da83966f7186/1c80a45ac364aa0251f78966352457b1.jpg

**174 pav. a** https://theodoregray.com/periodictable/Samples/SC.Euxenite/s12s.JPG

**b** https://www.mindat.org/min-3950.html

**c** https://cdn.irocks.com/storage/media/79175/conversions/RARE16B-123a-WM-Gadolinite-Y-with-Quartz-and-Biotite-Norway-fine-mineral-specimen-large.jpg

**175 pav. a** https://image.ec21.com/image/pegasussky/simg_GC08729016_CA09915326/SCF3_Scandium_Fluoride.jpg?v=040503

**b** https://ueeshop.ly200-cdn.com/u_file/UPAI/UPAI779/2007/file/dcdc69fdcd.png

**176 pav. a** https://www.merlincycles.com/blog/wp-content/uploads/2019/03/DeRosaKing.jpg

**b** http://rodasports.com.mx/www/wp-content/uploads/2015/05/Easton-2012-BB11S2-BBCOR-400x274.png

**c** https://cdn11.bigcommerce.com/s-y8p1d/images/stencil/500x659/products/4730/78576/apisgm9xr__04061.1617404470.jpg?c=3

**d** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4f/Mig-29_on_landing.jpg/330px-Mig-29_on_landing.jpg

**177 pav. a** https://cdn.a-gems.com/24066/titan-metall-silnih-i-uverennih-v-sebe.jpg

**c** https://theodoregray.com/periodictable/Samples/051.13/s12s.JPG

**178 pav. a** https://assets.sutori.com/user-uploads/image/32b7141d-b1a4-4aad-b1f2-993afa7c4e82/4c20c395530e09aa1df9b2fe71b469d5.jpeg

**179 pav. a** https://www.dakotamatrix.com/images/products/rutile32891a.jpg?maxwidth=444&maxheight=333&crop=auto&quality=100

**b** https://lt.wikipedia.org/wiki/Ilmenitas#/media/Vaizdas:Ilmenite-155036.jpg
**c** http://webmineral.com/specimens/photos/Anatase.jpg
**d** https://en.wikipedia.org/wiki/Perovskite#/media/File:Perovskite-155026.jpg
**e** https://en.wikipedia.org/wiki/Brookite#/media/File:Brookite-gem7-07a.jpg
**f** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7f/Titanita_epidota.jpg

**180 pav. a** https://scx1.b-cdn.net/csz/news/800a/2011/subtlyshaded.jpg
**b** https://geoedu.weebly.com/uploads/4/4/8/2/44824767/krymka-ll3-1-5-58g-complete-slice-peter-marmet-collection_orig.jpg

**181 pav. a** https://en.wikipedia.org/wiki/Titanium#/media/File:TitaniumUSGOV.jpg
**b** https://image.made-in-china.com/43f34j00GZaEKgFPYLqc/Titanium-Powder-99-5-.webp
**c** https://en.wikipedia.org/wiki/Titanium#/media/File:Titanium_products.jpg
**d** http://lt.yunchtitanium.com/Content/upload/201710912/20171027113528466678O.jpg

**182 pav. a** https://present5.com/presentation/3/26498445_93977330.pdf-img/26498445_93977330.pdf-16.jpg
**b** https://www.amazon.in/Citizen-BM6560-54H-Eco-Drive-Titanium-Watch/dp/B0012IVVDO
**c** https://cdn.shopify.com/s/files/1/1943/8963/products/T069.417.44.031.00-1.jpg

**183 pav. a** https://aceroyservicio.com.mx/wp-content/uploads/2019/06/barra.jpg
**b** https://sc01.alicdn.com/kf/HTB1j78gcfal9eJjSZFzq6yITVXaY/228117407/HTB1j78gcfal9eJjSZFzq6yITVXaY.jpg
**c** https://en.wikipedia.org/wiki/Titanium#/media/File:Titanium-stamps.jpg
**d** http://sc02.alicdn.com/kf/UTB86yNTwpfFXKJk43Otq6xIPFXa5/titanium-scrap.jpg_350x350.jpg
**e** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5b/Titanzylinder.jpg/440px-Titanzylinder.jpg

**184 pav. a** http://www.france-metallurgie.com/wp-content/Titanium-vsmpo.jpg
**b** https://specials-images.forbesimg.com/imageserve/451925698/960x0.jpg?fit=scale
**c** http://www.rexmetals.com/wp-content/uploads/2016/09/Screen-Shot-2016-09-09-at-5.49.06-PM.png
**d** https://steelforge.com/wp-content/uploads/2013/01/jet_engine1.jpg

**185 pav. a** https://i.pinimg.com/564x/0a/d4/41/0ad4416b4c8c31e71f769232058e7a36.jpg
**b** https://www.nasa.gov/centers/wstf/images/content/190632main_wstf1286-2725.jpg
**c** https://www.youtube.com/watch?v=MpQkt0uSrrg

**186 pav. a** https://sei.lt/1-pics/upload_129098-Qj-didelis-aik%C5%A1t%C4%97je-nauj%C5%B3-akini%C5%B3-klasikinis-unisex-r%C4%97mo-grynas-rank%C5%B3-

darbo-taur%C4%97s-vyr%C5%B3-akini%C5%B3-r%C4%97meliai-moter%C5%B3-prek%C4%97s-universalus-akiniai.jpg

**b** https://www.coolframes.com/get_thumbnail.php?color=T279_53_Gunmetal&fid=82587

**c** https://www.estheropticaonline.lt/centrostyle/centrostyle-f007150139000n-shiny-gold-blac-akiniu-remeliai/

**187 pav. a** https://i.pinimg.com/564x/a1/86/23/a1862374fe83c68870c4cf5187f0469f.jpg

**b** https://www.bbk.eus/wp-content/uploads/2018/08/MGB_8.jpg

**188 pav. a** https://www.lajerrio.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/8/1/810007-01.jpg

**b** https://applesofgold.com/Merchant2/mens-jewelry/black-titanium-ring-with-14k-yellow-gold-and-diamond-accent-TB290AAC.jpg

**c** https://www.ebay.com/itm/Titanium-Ring-with-Christian-Crosses-Mens-Wedding-Band-/332841889621

**d** https://ak1.ostkcdn.com/images/products/8933669/Oliveti-Mens-Brushed-Titanium-Cubic-Zirconia-Comfort-Fit-Ring-5108df59-a26f-4786-b389-2a672244a389_1000.jpg

**189 pav. a** https://images.by.prom.st/119631936_w200_h200_dioksid-titana.jpg

**b** https://cdn.webshopapp.com/shops/221141/files/122283353/800x1024x2/natural-bulk-oil-paint-colour-titanium-white.jpg

**c** https://www.tadibrothers.com/files/items/picture525/636089343004298019.jpg

**d** https://www.pcimag.com/ext/resources/Issues/August2013/TiO2/pci0813-Coat-113561869-615.jpg?t=1375280629&width=900

**e** http://pursloepropertymaintenance.co.uk/wp-content/themes/Pursloe/images/plastering.jpg

**190 pav. a** http://sc01.alicdn.com/kf/UT8LEtVXzNXXXagOFbXr/Surgical-Instruments-Manufacturers-In-Sialkot.jpg

**b** https://cpimg.tistatic.com/03801003/b/4/Titanium-Surgical-Instruments.jpeg?tr=n-w410

**c** https://alphabioendpoint.azureedge.net/media/1113/ab_productsimage_small9e154cf971ff607454443332304c31362d2d31303030305f343530583435302e706e67.png

**d** https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRv4c1V76zBsX_OQua6cn5UdZu-W4nA747aUw&usqp=CAU

**191 pav. a** https://76frhciq44-flywheel.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2015/03/Titanium-The-medical-metal-of-choice-1024x859.jpg

**b** https://www.serenedentalcenter.com/wp-content/uploads/2018/02/implant.jpg

**c** https://images.theconversation.com/files/275791/original/file-20190521-23835-38tcg8.jpg?ixlib=rb-1.1.0&rect=0%2C409%2C3149%2C1765&q=45&auto=format&w=496&fit=clip

**d** https://www.sputtertargets.net/wp-content/uploads/2018/09/titanium-bone-implant.png

**e** https://cdn.redshift.autodesk.com/2016/05/3d-printed-titanium-header.jpg

**f** https://resize.indiatvnews.com/en/resize/newbucket/715_-/2017/02/orthopaedic-implants-1487670501.jpg

**g** https://www.pandora--uk.co.uk/wp-content/uploads/2018/07/b34951bb-853b-4ddd-b266-fff08a310c61-original-940x509.png

**h** https://www.asme.org/getmedia/e27ee27a-1017-45b1-bae5-de29a11105e7/metal-3d-printing-for-orthopedics_01-3deo.jpg?width=320&height=250&ext=.jpg

**i** https://www.sculpteo.com/media/imagecontent/titanium-medical-implants-sculpteo.jpg

**192 pav. a** https://www.jaea.go.jp/english/04/ntokai/backend/images/130/pic_130_04.jpg

**b** https://img.17qq.com/images/nhglgngpklv.jpeg

**c** https://www.diaforetiko.gr/wp-content/uploads/2012/10/barrels.png

**193 pav. a**, **e** https://www.pharmacologicalsciences.us/anti-tumor/images/2482_88_174.jpg

**b** https://image.shutterstock.com/image-vector/chemotherapy-concept-icon-melanoma-treatment-600w-1841086327.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f9/Titanocene_Y.png/330px-Titanocene_Y.png

**d** https://www.mdpi.com/2304-6740/7/1/2/htm ir https://www.semanticscholar.org/paper/Coordination-Complexes-of-Titanium(IV)-for-Therapy.-Tshuva-Miller/a7b129e6f609577de6ba0b16807ad38534015343/figure/0

**f** https://www.mesotheliomahope.com/wp-content/uploads/2018/12/FDA-New-Drug-445x345.jpg

**g** https://www.telegraph.co.uk/content/dam/news/2016/05/12/E5RW50-xlarge_trans_NvBQzQNjv4Bq3GfpZgPH9YFXRDBVN8KdpWFLIyPhNRQTD2-ArOImRr0.jpg

**194 pav. a** https://radioacesafm.blogspot.com/2016/06/top-10-metais-mais-fortes-do-mundo.html

**c** https://magazine.cim.org/media/3017273/cropped-vanadium.jpg?anchor=center&mode=crop&width=768&height=480&rnd=131939223200000000

**195 pav. a** https://www.biografiasyvidas.com/biografia/r/fotos/rio_andres_manuel.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f7/Nils_Gabriel_Sefstr%C3%B6m_%281787-1845%29_3.png

**196 pav. a** https://gemstagram.com/ezoimgfmt/gemstagram.b-cdn.net/wp-content/uploads/2019/05/vanadinite-2-696x454.jpg?ezimgfmt=ng%3Awebp%2Fngcb75%2Frs%3Adevice%2Frscb75-1

**b** https://www.strahlen.org/tw/fotoatlas/Patronite_Patronit_1.jpg

**c** https://www.dakotamatrix.com/images/products/carnotite37190b.jpg?maxwidth=444&maxheight=333&crop=auto

**197 pav. a** https://i.pinimg.com/564x/8a/29/3c/8a293c4fe34154a58f01147731e7c839.jpg
**b** https://media.sciencephoto.com/image/a7100018/800wm/A7100018-Vanadium_oxidation_states.jpg
**c** https://slideplayer.com/slide/9938515/

**198 pav. a** pats modifikavau
**b** http://www.dynamicscience.com.au/tester/solutions1/chemistry/sulfuricacid6a.gif

**199 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/Knarre.jpg/255px-Knarre.jpg
**b** http://alloy-artifacts.org/Photos/tools/armstrong_oe1316_1023_wrench_vanadium_f_cropped_inset_w400_h207.jpg
**c** https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.UuGGyG3S9j6_c1Vyj2jCCQEsDt
**d** https://static.cargurus.com/images/site/2009/07/19/15/28/1908-ford-model-t-pic-58787-640x480.jpeg
**e** http://phoenixxintl.com/wp-content/uploads/2014/04/FerroVanadium_mini1-460x420.jpg

**200 pav.** pats modifikavau

**201 pav. a** https://nporusredmet.com/wp-content/uploads/%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BC-%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB.jpg
**c** https://i.pinimg.com/736x/95/4d/8e/954d8e982f14ed03442513fe0bd96329--gemstones-commercial.jpg

**202 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f8/Louis_Nicolas_Vauquelin_3.jpg/345px-Louis_Nicolas_Vauquelin_3.jpg

**203 pav. a** https://assets3.fossilera.com/sp/141321/crocoite/708x500%3E/crocoite.jpg
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/42/ChromiteUSGOV.jpg/200px-ChromiteUSGOV.jpg

**204 pav. a** https://3.imimg.com/data3/UW/UX/MY-1385392/chromium-oxide-nanopowder.jpg
**b** https://3.imimg.com/data3/JR/SV/MY-372870/chromium-oxide-green-250x250.jpg

**205 pav. a** https://www.pcimag.com/ext/resources/PCI/2015/September/heubach/pci0915-Heu-729905-900.jpg?t=1441115691&width=900
**b** https://questionofwill.com/img/qu-mica/701/cromato-de-potasio-2.jpg
**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/62/Potassium-dichromate-sample.jpg/220px-Potassium-dichromate-sample.jpg
**d** https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Potassium_dichromate_crystals.jpg

**206 pav. a** https://3.bp.blogspot.com/-BWFwrvFd-fc/WVZUxJgL-sI/AAAAAAAAC0s/f0F--E0Oya0VkW66GtOHdTkzCVNmVWEkwCLcBGAs/s320/hqdefault.jpg
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/Chromate_dichromate_equilibrium.png/800px-Chromate_dichromate_equilibrium.png

**207 pav. a** https://backgroundcheckall.com/wp-content/uploads/2017/12/metal-background-images-3-300x200.jpg
**b** https://i.pinimg.com/564x/aa/a5/c6/aaa5c645775fecb8fde91e3f898ce640.jpg
**c** https://www.wasatchsteel.com/wp-content/uploads/2018/05/Depositphotos_23601285_l-2015-1024x1024.jpg

**208 pav. a** https://sc04.alicdn.com/kf/HTB1ywOSKeOSBuNjy0Fdq6zDnVXax.jpg
**b** https://m.media-amazon.com/images/I/41KuQcERc6L._SL500_.jpg
**c** https://www.reliance-foundry.com/wp-content/uploads/carbon-steel-knives-1.webp
**d** https://www.lindysstainless.com/thumbnail.asp?file=assets/images/2015oxnx-996.jpg&maxx=108&maxy=108

**209 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e1/Motorcycle_Reflections_bw_edit.jpg/420px-Motorcycle_Reflections_bw_edit.jpg
**b** https://1.bp.blogspot.com/-UhvbrDWkBs4/XkrF3PXb4vI/AAAAAAAAAEs/Ccak-OlahyoDQwylaCWcVWivTkXjQnguQCLcBGAsYHQ/s320/chrome_plated_tap_mixer_-1.jpg
**c** http://vipmetall.ru/gallery/chroming/2823.jpg
**d** https://t3.ftcdn.net/jpg/01/03/06/22/240_F_103062235_j0XrPRlz1a1uFUICyRn58WZnRCEy0I7a.jpg
**e** https://media.gettyimages.com/photos/metal-mouth-2-extreme-chrome-on-classic-street-rod-picture-id175596230?s=2048x2048
**f** https://www.bendplating.com/wp-content/uploads/2016/02/black-chrome-vs-black-pvd-1288x724.jpg

**210 pav. a** https://www.hdforums.com/forum/attachments/motorcycles-for-sale/342044d1383894648-2013-street-glide-chrome-yellow-pearl-price-drop-17-995-yellow-1.jpg
**b** https://c8.alamy.com/comp/W3Y4NM/german-yellow-letterbox-on-brick-wall-W3Y4NM.jpg
**c** http://p10cdn4static.sharpschool.com/UserFiles/Servers/Server_145894/Image/Bus.jpg
**d** http://assets.trucktrend.com/f/84271001.jpg?width=660&height=495
**e** http://i.ytimg.com/vi/06Ch9XhNFrk/hqdefault.jpg
**f** https://i.ebayimg.com/images/i/330814163537-0-1/s-l1000.jpg

**211 pav. a** https://media.crystalls.info/w/uploads/media/thumb/R.dolgikh.chromium-aluminum.potassium.sulfate.1.jpg/500px-R.dolgikh.chromium-aluminum.potassium.sulfate.1.jpg
**b** https://sciencenotes.org/wp-content/uploads/2014/06/Chromium_Alum2-300x279.jpg
**c** https://acs-h.assetsadobe.com/is/image//content/dam/cen/96/web/20180501lnp20-still.jpg/?$responsive$&wid=700&qlt=90,0&resMode=sharp2

**212 pav. a** https://thumbor.thedailymeal.com/zF9RyT1cdQczTLcicgV2BFMLg_s=/774x516/https://www.thedailymeal.com/sites/default/files/2016/04/07/Main%20-%20Tilapia.jpg

**b** https://farm3.static.flickr.com/2002/2455984683_e1d69c2520.jpg

**213 pav. a** https://www.diabetes.co.uk/images/article_images/chromium.jpg

**b** https://diyhealth.com/wp-content/uploads/2012/07/chromium_4767.jpg

**c** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/7119-jz%2BhfL._AC_SL1500_.jpg

**d** https://www.sportnutrition.hu/gallery/product/250x250/8809/now_chromium_picolinate_200_1000.jpg

**e** https://s3.images-iherb.com/nrt/nrt02570/w/4.jpg

**f** https://media.gettyimages.com/photos/pills-with-chromium-cr-element-dietary-supplements-picture-id519036892?s=2048x2048

**214 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a7/Chromium_picolinate.png/800px-Chromium_picolinate.png

**215 pav. a** https://i.redd.it/pma082jzkea01.png

**c** https://metals.comparenature.com/PImg/Manganese31Normal_200.jpg

**d** https://www.chemicalbook.com/NewsImg/2020-03-06/20203618211139564.jpg

**216 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f6/Gahn_Johan_Gottlieb.jpg/330px-Gahn_Johan_Gottlieb.jpg

**217 pav. a** http://skywalker.cochise.edu/wellerr/mineral/pyrolusite/6pyrolusite5229.JPG

**b** https://www.ravencrystals.com/assets/images/hausmannite050313a.jpg

**c** https://www.dakotamatrix.com/images/products/braunite37228a.jpg?maxwidth=444&maxheight=333&crop=auto&quality=100

**d** https://www.crystalclassics.co.uk/Uploads/ShopItems/00/02/48/72/ShopItemImg4_PICT/CC6691-Manganite-Germany-16-09-15-17597ed_lrg.jpg

**e** http://blog.presentandcorrect.com/wp-content/uploads/2012/03/red.jpg

**218 pav. a** https://sc01.alicdn.com/kf/HTB1oDSPXPuhSKJjSspjq6Ai8VXa2/Deoxidizer-ferro-silicon-manganese-high-middle-low.jpg

**b** https://sc01.alicdn.com/kf/H153bdfd78dd5410688ae4296e5f2d8e9X.jpg

**c** https://p1.pxfuel.com/preview/987/836/917/steel-iron-sheets-royalty-free-thumbnail.jpg

**d** https://tampasteel.com/wp-content/uploads/2016/11/Angle-Iron-1-600x350.jpg

**219 pav. a** https://cpimg.tistatic.com/03145882/s/4/Manganese-Oxide.jpg

**b** https://5.imimg.com/data5/GA/DR/MY-5761759/11-250x250.jpg

**c** https://couleursleroux.com/wp-content/uploads/2018/03/Violet-de-manganese-1.jpg

**d** https://www.cornelissen.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/1/8/181-7.jpg

**220 pav. a** https://t1.thpservices.com/fotos/thum4/012/333/tri-10603935.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8f/Potassium-permanganate-sample.jpg/250px-Potassium-permanganate-sample.jpg

**c** https://i2.wp.com/freakgenie.com/wp-content/uploads/2017/11/matter3.png?resize=300%2C225&ssl=1

**221 pav. a** http://ebatt.si/c/453-category_default/duracell.jpg

**b** http://www.global-b2b-network.com/direct/dbimage/50122880/Alkaline_Manganese_Batteries_LR6.jpg

**c** https://image.ec21.com/image/miabattery/simg_GC06054514_CA06055367/CR14250_3.0v_Lithium_Dioxide_Manganese_Battery.jpg?v=183623

**d** https://officemart.co.ke/media/cache/1f/67/1f6704b53aa947a05db5e6e1d18fd73c.jpg

**222 pav. a** https://periodictable.com/Samples/Coltan/s13.JPG

**c** https://study.com/cimages/multimages/16/240px-iron.jpg

**223 pav. a** http://knowledgebase.lookseek.com/images/science/Earth-Science/Earth-Magnetic-Field.jpg

**b** https://miro.medium.com/max/1476/0*XpZiYFFP-uqz5nNS.jpg

**c** https://goldengateaudubon.org/wp-content/uploads/Magnetic-Field.jpg

**224 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c4/Axe_of_iron_from_Swedish_Iron_Age%2C_found_at_Gotland%2C_Sweden.jpg

**b** http://www.dot-domesday.me.uk/glastonbury_l_v_tools.jpg

**c** https://sussexpast.co.uk/wp-content/uploads/2013/11/Prehistory-collection-gallery-linch-pin.jpg

**225 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ae/Hematite.jpg

**b** https://geology.com/minerals/photos/magnetite-302.jpg

**c** https://www.carleton.edu/departments/geol/Links/KennedyMinCollctn/w.images/wustite.jpg

**226 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/SideriteBresil2.jpg

**b** https://www.dgregscott.com/wp-content/uploads/2019/03/foolsgold-1024x666.jpg

**227 pav. a** https://www.flickr.com/photos/peterdenton/7536001142/

**b** https://www.railway-technology.com/wp-content/uploads/sites/24/2020/12/Kholodnitskiy-Maksim-on-Unsplash-rail.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fb/Longden-on-Tern1.jpg/440px-Longden-on-Tern1.jpg

**228 pav. a** https://cdn.al-ain.com/images/2019/5/11/141-194329-chinese-iron-steel-industry_700x400.png

**b** https://d2n4wb9orp1vta.cloudfront.net/cms/leadedsteel.jpg;maxWidth=600

**c** https://dovyra.lt/wp-content/uploads/2019/11/metalo_gaminiai_dov.jpg

**229 pav. a** https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-7a383352b3a516dc0667df2f895af337

**b** https://base.imgix.net/files/base/ebm/industryweek/image/2019/05/industryweek_28048_steel_china_g_0.png?auto=format&fit=crop&h=432&w=768

**c** https://previews.123rf.com/images/graf_montekristo/graf_montekristo1007/graf_montekristo100700122/7395289-steelmaker-burns-oxygen-opening-for-producing-of-cast-iron-from-a-high-furnace.jpg

**230 pav. a** https://i.pinimg.com/564x/2e/6d/fc/2e6dfce7ac0f97f69ac91e2e11e3cad3.jpg

**b** http://thenonist.com/images/uploads/prssnbluthumb.jpg

**c** http://aurorebrunet.com/wp-content/uploads/2016/09/IMG_0157.jpg

**231 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/65/Titanocen-monomer.png/100px-Titanocen-monomer.png

**b** https://media.sciencephoto.com/image/f0034864/800wm/F0034864-Ferrocene_molecule.jpg

**232 pav. a** https://www.nist.gov/sites/default/files/images/2017/05/18/rust_on_iron.jpg

**b** https://img.tebyan.net/big/1393/12/20150315152359490_1.jpg

**c** https://c7.alamy.com/comp/C6AN7J/iron-rust-steel-metal-pipe-plate-corrosion-orange-red-rusty-scrap-C6AN7J.jpg

**d** https://p2.piqsels.com/preview/177/224/936/rust-oxidation-screw-construction.jpg

**e** https://cdodra.ru/uploads/a5f-korroziya-na-cepochkea.jpg

**233 pav. a** https://www.dkn.tv/wp-content/uploads/2016/04/dat-hoang-tho-do-vang.jpg

**b** https://www.mandlpaints.com/wp-content/uploads/2018/09/Burnt-Orange.jpg

**c** https://www.bhphotovideo.com/images/images2500x2500/lee_filters_sw15012_150_x_150mm_12_1153818.jpg

**d** https://www.goldleaf.com.au/image/cache/catalog/catalog/winsor-newton/artists-oil-colour/winsor-and-newton-artists-oil-colour-transparent-red-ochre-37ml-tube-1214647-image1-500x500.jpg

**e** https://cdn10.bigcommerce.com/s-6xeodujy/products/36032/images/118041/ecoline-deep-yellow__92927.1496712713.1280.1280.jpg?c=2

**234 pav. a** https://dentowesome.files.wordpress.com/2020/07/images-14.jpeg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/1GZX_Haemoglobin.png

**235 pav.** https://thumbs.dreamstime.com/z/hemoglobin-haemoglobin-chemical-formula-hemoglobin-haemoglobin-chemical-formula-white-background-156707325.jpg

**236 pav. a** https://cdn.shopify.com/s/files/1/1026/9165/products/Jm_Iron_1024x1024.png?v=1458169878;

**b** https://gintarinestorageprod.blob.core.windows.net/gintarine/0017350.jpeg

**c** https://didmena.limedika.lt/Media/Thumbs/0018/0018298-iron-vital-f-tonikas-su-gelezimi-500ml.jpg

**d** https://camelia.lt/59903-small_default/feroglobin-b12-sol-200-ml-vitabiotics.jpg

**237 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/62/Cobalt_ore_2.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cf/Cobalt-3.jpg

**238 pav.** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/ca/Dedekind.jpeg/300px-Dedekind.jpeg

**239 pav. a** https://i.pinimg.com/564x/4d/09/89/4d09892ec3779d81f73225b6d962593f.jpg
**b** https://static.wikia.nocookie.net/wowwiki/images/9/97/KoboldMG.JPG/revision/latest?cb=20070902183208
**c** https://www.worldanvil.com/uploads/images/9205d5532e9d660116089158adac7c8b.png

**240 pav. a** https://www.dakotamatrix.com/images/products/cobaltite41680b.jpg?maxwidth=444&maxheight=333&crop=auto&quality=100
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7e/Erythrite-Cobaltite-202101.jpg

**241 pav. a** http://advancedplatingtech.com/wp-content/uploads/2013/10/Pivot-Point-Micro-Pass-Upclose-300x161.jpg
**b** https://www.cam.ac.uk/sites/www.cam.ac.uk/files/styles/content-885x432/public/news/research/news/diagram-of-an-alloy.jpg?itok=k_aNYm5T
**c** https://metallurgyfordummies.com/wp-content/uploads/2011/08/superalloys.jpg

**242 pav. a** https://cdn.shopify.com/s/files/1/2305/1179/products/Cobalt-Blue-Oxide-Powder_740x.jpg?v=1573004697
**b** https://i.pinimg.com/564x/8e/e6/33/8ee63322e4abd570bc6e0d5719f2baeb.jpg
**c** https://c800266.ssl.cf2.rackcdn.com/product-hugerect-4795-216-1320111559-8789b61172a5639053be99ae894b4ed0.jpg
**d** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7a/Bristol.blue.glass.arp.750pix.jpg
**e** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8f/Flask_made_of_cobalt_glass.jpg

**243 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4c/Cobalamin_skeletal.svg/800px-Cobalamin_skeletal.svg.png
**b** https://cdn.shopify.com/s/files/1/0216/7720/products/941119_532x532.png?v=1591359700
**c** http://thu.tinbaihay.net/ThumbImages/2010/02/01/tre-thieu-mau-nen-an-gi-ca9_145.jpg
**d** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/714z6SLT37L._AC_SL1500_.jpg

**244 pav.** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e0/Cobalt-60_Decay_Scheme.svg

**245 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Nickel_chunk.jpg
**b** https://fr.cdn.v5.futura-sciences.com/buildsv6/images/largeoriginal/9/b/d/9bdc7811df_73133_nickelccwiki.jpg

**246 pav. a** https://static.wikia.nocookie.net/mythological-supernatural-and-fantasy-creatures/images/7/7f/Kobold_artlibre_jnl.jpg/revision/latest?cb=20170423112103
**b** https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co22644/kupfernickel-from-schneeberg-saxony-specimen
**c** http://skywalker.cochise.edu/wellerr/mineral/niccolite/6niccolite106.jpg

**247 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/43/Jernkontoret%2C_Cronstedt.jpg/600px-Jernkontoret%2C_Cronstedt.jpg
**b** https://alchetron.com/cdn/axel-fredrik-cronstedt-606ba87e-e603-4891-b958-335b8b68ce3-resize-750.jpeg
**249 pav. a** http://fsgsbxg.com/b_sheet/pic_si/si_new_006.jpg
**b** https://sc04.alicdn.com/kf/H0b24610c50664d8eafeb79cd687b5f46b.jpg_350x350.jpg
**c** https://zaratren.com/zaratren/c/808-category_default/tubo-niquel-plata.jpg
**250 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2a/Nickel%28II%29-chloride-hexahydrate-sample.jpg
**b** https://i0.wp.com/investments.academic.ru/pictures/investments/img778296_3_Kristalyi_sulfata_nikelya.jpg
**c** https://kids.kiddle.co/images/3/32/Vanadiumoxidationstates.jpg
**251 pav. a** https://i.ebayimg.com/images/g/T24AAOxyyjpRxam8/s-l300.jpg
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ef/Invar_800.jpg
**c** https://5.imimg.com/data5/JF/YE/MY-3516702/nickel-alloys-500x500.jpg
**d** https://5.imimg.com/data5/YT/WW/MY-14375320/monel-400-nickel-alloys-500x500.jpg
**e** https://2.imimg.com/data2/RX/LR/MY-24765/7-250x250.jpg
**252 pav. a** https://www.myknobs.com/images/product/large/lew52101.jpg
**b** https://i.pinimg.com/564x/e8/db/6b/e8db6b927d0c6249aa25bd2cbbef9479.jpg
**c** http://www.usknobs.com/images/T/GYKR-EMR-th-37.jpg
**253 pav. a** https://s3.amazonaws.com/ngccoin-production/us-coin-explorer-category/58%20LL.jpg
**b** https://onlinecoin.club/images/coins/Switzerland/4567a9b3-fec0-4be1-8210-0eb867c8403f.jpg
**c** https://img.17qq.com/images/fhkfsnqhfny.jpeg
**d** https://thumbs4.ebaystatic.com/m/mSt20HPnUW7ax5DFmbhMyVA/140.jpg
**e** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/62/US_Nickel_2013_Obv.png/900px-US_Nickel_2013_Obv.png
**f** https://coinscatalog.net/images/big-4x/12/five-cents-buffalo-nickel-1913-usa-o-11405.jpg
**254 pav. a** https://bloghuff.co.uk/wp-content/uploads/2020/07/Nickel-helps-guitar-players-play.png
**b** http://media.musiciansfriend.com/is/image/MMGS7/W46-Bulk-12-Pack-046-Nickel-Electric-Guitar-Strings/120346000000000-00-290x290.jpg
**c** https://www.stringsdirect.co.uk/images/daddario-xl-pure-nickel-epn115-guitar-strings-11-48-jazz-rock-p3033-11308_zoom.jpg
**d** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/81ZHFLmmKGL._AC_SL1500_.jpg

**e** https://cdn11.bigcommerce.com/s-jpvnhi/images/stencil/608x608/products/1677/5287/34_234_02_Image_1__65714.1413507812.jpg?c=2

**255 pav. a** https://www.belmontmetals.com/wp-content/uploads/2018/06/jewelry.jpg

**b** https://bnsec.bluenile.com/bluenile/is/image/bluenile/-paisley-wedding-ring-14k-white-yellow-gold-/56382_main?$phab_detailmain$

**256 pav. a** https://www.thermofisher.com/blog/wp-content/uploads/2015/07/istock_000016085596_medium.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f0/NatCopper.jpg

**257 pav. a** https://www.historyhit.com/app/uploads/2020/07/caesar-coins-3.jpg?x11665

**b** https://www.wildwinds.com/coins/imp/julius_caesar/Cohen_0020.jpg

**258 pav. a** https://www.popliquor.com/wp-content/uploads/2020/12/1587-moscow-mule-copper-mug-vodka-buck-cocktail-recipe-600x338.jpg

**b** https://www.flipkart.com/ayurveda-copper-bowl-spoon-plate-serving-set/p/itmd0f6c1d8b3249

**259 pav. a** https://geology.com/minerals/photos/chalcopyrite-auriferous-278.jpg

**b** https://nationalgemlab.in/wp-content/uploads/2018/05/download-covellite.jpg

**c** https://www.dakotamatrix.com/images/products/chalcocite36826a.jpg

**d** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4c/Enargite-122840.jpg

**260 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cd/Connellite-Malachite-Cuprite-290489.jpg

**b** https://www.healingcrystals.com/images/Malachite-Fibrous-Clusters-China-06.jpg

**c** https://www.dakotamatrix.com/images/products/azurite33298a_2.jpg

**d** https://s2.15min.lt/images/photos/2013/06/04/original/turkis-51add8e15f083.jpg

**261 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/59/Natural_copper_nugget.jpg

**b** https://i.pinimg.com/originals/15/68/fb/1568fb1218d963d22b4cd881b1fb1f75.jpg

**c** https://i.pinimg.com/564x/4c/57/d1/4c57d1e60653110716e0e3617f91cf65.jpg

**262 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/Royal_Observatory_Edinburgh_East_Tower_2010_cropped.jpg

**b** https://www.snopes.com/tachyon/2019/01/sol.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a4/Minneapolis_City_Hall.jpg/1280px-Minneapolis_City_Hall.jpg

**263 pav. a** http://1.bp.blogspot.com/-hduha7DTLXI/Tzi3sKvMI9I/AAAAAAAAAAU/h4F5Ghm7gzM/s1600/Copper-wire_full_size_landscape.jpg

**b** https://5.imimg.com/data5/HK/UM/MY-199051/copper-tubes-for-heating-application-500x500.png

**c** https://rotaxmetals.net/wp-content/uploads/2019/01/Copper-Is-One-of-the-Finest-Materials-for-Making-Etched-Art-Pieces-300x225.jpg

**d** https://cdn.trendir.com/wp-content/uploads/old/archives/zappone-copper-bay-window.jpg

**e** https://i.etsystatic.com/6359767/r/il/63ca0e/462585743/il_794xN.462585743_d8v2.jpg

**f** https://img0.etsystatic.com/000/0/5763050/il_fullxfull.217906480.jpg

**g** https://rotaxmetals.net/wp-content/uploads/2016/10/bronze-tubes-600x400.jpg

**264 pav. a** https://4.imimg.com/data4/DA/KM/GLADMIN-180209/bordeaux-mixture-500x500.jpg

**b** https://www.giardinaggio.it/giardino/domande-e-risposte-giardino/verde-rame_NG1.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2c/Calda_Bordalesa.jpg

**d** https://previews.123rf.com/images/nehru/nehru1803/nehru180300167/98126837-apple-trees-in-march-treated-with-bordeaux-mixture-to-combat-mildew-bordeaux-mixture-is-allowed-in-a.jpg

**265 pav. a** https://www.supremetechnology.co.in/img/industry1.png

**b** https://media-cdn.tripadvisor.com/media/photo-s/0a/bd/b4/cd/copper-kettles.jpg

**c** https://www.slbrewing.com/Content/upload/2018301946/20180320184748237 4789.jpg

**d** http://2.bp.blogspot.com/-eVI6R9pG3vQ/UQaGL0BlOBI/AAAAAAAAAM8/TfVwIZRoAxg/s1600/microbrewery.jpg

**266 pav. a** http://www.fhi-berlin.mpg.de/~hermann/Balsac/BalsacPictures/YBaCuO.gif

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/Ybco.jpg

**c** https://scx2.b-cdn.net/gfx/news/2008/asqueezeincu.png

**d** http://ffden-2.phys.uaf.edu/webproj/211_fall_2014/Jonah_Jeffries/Jonah_Jeffries/states.png

**e** A. Kareiva. Multicomponent metal oxide systems: sol-gel preparation and characterization. *Research report presented for habilitation.* Kaunas, Lithuania (1998) 92 p.

**267 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e1/ARS_copper_rich_foods.jpg

**b** https://thumbs.dreamstime.com/z/food-rich-copper-mineral-food-rich-copper-cu-healthy-diet-high-hemoglobin-against-varicose-anemia-top-view-100009192.jpg

**c** https://ederepente50.files.wordpress.com/2015/10/dark-chocolate-wallpapers.jpg

**d** https://secureservercdn.net/198.71.233.11/e43.732.myftpupload.com/wp-content/uploads/2017/12/download.jpeg

**268 pav. a** https://5.imimg.com/data5/UN/SS/MY-34737767/zinc-metal-500x500.jpg

**c** https://image.slidesharecdn.com/zinc-170606190751/95/zinc-1-638.jpg?cb=1496776095

**269 pav. a** http://harrisonspecialiststeels.co.uk/wp-content/uploads/2018/09/brass-round-bar.jpg

**b** https://www.woodwindchambermusicrepertoire.com/uploads/1/2/2/8/12280710/8007277_orig.png

**c** https://img.17qq.com/images/hglolgdcv.jpeg

**d** https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRozvHKqK7oJURTBcehmA-Udg1KhwPDPu16LUYRQvAsMmHsN-R-vHZDArRTKhaIiRe5l7U&usqp=CAU

**270 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/Andreas_Sigismund_Marggraf-flip.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fe/B%C3%BCste_Andreas_Sigismund_Marggraf_Zucker-Museum.jpg

**271pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6d/Galvanic_cell_with_no_cation_flow.svg/1199px-Galvanic_cell_with_no_cation_flow.svg.png

**b** http://3.bp.blogspot.com/_nJNYo6LXU-g/STPURSDgSnI/AAAAAAAAA34/_n75qonjVZQ/S226/experiencia.gif

**272 pav. a** https://emagrecermelhor.org/wp-content/uploads/2021/04/ZINCO-removebg-preview.png

**b** https://www.crystalclassics.co.uk/Uploads/ShopItems/00/02/54/25/ShopItemImg1_PICT/CC7232-Cuprian-Smithsonite-USA-17-01-30-36171ed.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b8/Hemimorphite-278499.jpg

**273 pav. a** https://5.imimg.com/data5/KI/YC/MY-158904/fasteners-coating-500x500.jpg

**b** http://2.imimg.com/data2/BW/GL/MY-3181530/zinc-flakes-coating-250x250.jpg

**c** https://5.imimg.com/data5/RB/UC/GLADMIN-1821747/tin-zinc-plating-500x500.png

**274 pav. a** https://cdns.webareacontrol.com/prodimages/1000-X-1000/2/t/23720201015Dynarex-Zinc-Oxide-Ointment-L.png

**b** https://5.imimg.com/data5/SM/FA/MY-391168/white-seal-zinc-oxide-500x500.jpg

**c** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61rnN6z8m2L._AC_SL1000_.jpg

**275 pav. a** https://5.imimg.com/data5/AJ/LQ/MY-4636376/shofu-hy-bond-zinc-phosphate-cement-500x500.png

**b** https://www.net32.com/media/shared/common/mp/prime-dental/prime-dent/media/prime-dent-zinc-phosphate-cement.jpg

**c** https://img.17qq.com/images/secccqhhqx.jpeg

**276 pav. a** https://img.17qq.com/images/hharuwrrx.jpeg

**b** https://fb.ru/misc/i/gallery/10994/3004820.jpg

**277 pav. a** https://www.newtondesk.com/wp-content/uploads/2018/09/gallium-element.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b1/Solid_gallium_%28Ga%29.jpg

**278 pav.** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c0/6N_Gallium_sealed_in_vacuum_ampoule.jpg/440px-6N_Gallium_sealed_in_vacuum_ampoule.jpg

**279 pav. a** https://lt.wikipedia.org/wiki/Galija#/media/Vaizdas:Ancient_regions_of_Europe.png

**b** https://docplayer.nl/docs-images/65/52464550/images/5-1.jpg

**280 pav.** https://www.ecured.cu/Paul_Emile_Lecoq_de_Boisbaudran#/media/File:Boisbaudran.jpg

**281 pav. a** https://www.dakotamatrix.com/images/products/germanite40535b.jpg

**b** https://elite-dangerous.fandom.com/wiki/Gallite

**282 pav.** https://4.imimg.com/data4/HF/DO/MY-22093578/mercury-metallic-500x500.jpg

**283 pav.** Modifikuota iš https://en.wikipedia.org/wiki/Digallane

**284 pav. a** https://www.adnkronos.com/resources/0247-11118155c300-ed0e3f15b32c-1000/format/big/febbre_e_influenza_-_vaccino_e_farmaci_per_combattere_la_fabbre_-_termometro_e_iniezione.jpeg

**b** https://5.imimg.com/data5/PY/AB/MK/SELLER-6366933/classic-thermometer-500x500.jpg

**285 pav. a** http://sod-a.rsc-cdn.org/www.rsc.org/periodic-table/content/Images/Elements/Gallium-L.jpg?6.0.4.2

**b** https://thehightechsociety.com/wp-content/uploads/2015/01/galliumspoon1.jpg

**286 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d5/Diode-closeup.jpg

**b** https://hi-static.z-dn.net/files/d4c/5064482185acdc23a8d6d8fd1b46d825.jpg

**287 pav. a, b** S. Butkute. Synthesis and characterization of novel luminescent materials: typical oxide phosphors and possible inert host lattices. Daktaro disertacija. Vilniaus universitetas, Vilnius, Lietuva, 2018, 117 p.

**c** https://www.surfacenet.de/files/ArtikelBilder/Gallium%20Gadolinium%20Garnet3.jpg

**d** https://alchetron.com/cdn/gadolinium-gallium-garnet-604473d0-dd81-4fe4-85fc-5c124e3c319-resize-750.jpg

**e** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/31/Blue_LED_and_Reflection.jpg

**f** https://www.worthpoint.com/worthopedia/18k-victorian-gadolinium-gallium-440640036

**g** https://alchetron.com/cdn/gadolinium-gallium-garnet-2b4c02b6-2205-494d-b1c9-ab78f43c39e-resize-750.jpeg

**h** https://alchetron.com/cdn/gadolinium-gallium-garnet-2b4c02b6-2205-494d-b1c9-ab78f43c39e-resize-750.jpeg

**288 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/Blacklaser2.jpg?1619544672754

**b** https://www.twebdragger.com/index.php?main_page=product_info&products_id=639409

**289 pav.** https://en.wikipedia.org/wiki/Shape-memory_alloy

**290 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3c/Gallium_maltolate_skeletal.svg

**b** https://www.gallixa.com/AboutGallixa.html

**c** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/31WeplcKSiL._AC_.jpg

**d** https://s.alicdn.com/@sc04/kf/
Ha73119e552254f1eb49b8d1e0459afe4v.jpg_300x300.jpg

**291 pav. a** https://fthmb.tqn.com/dV7kMxln4bOIOxeYua_Anh68R_A=/400x0/
germanium-macrophotograph-685028985-5977dda83df78c26fb922aa5.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/08/
Polycrystalline-germanium.jpg

**292 pav.** https://todayinsci.com/W/Winkler_Clemens/WinklerClemens-Quotations.htm

**293 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/70/Germanite.jpg

**b** https://www.crystalclassics.co.uk/Uploads/ShopItems/00/02/56/03/
ShopItemImg2_PICT/CC7389-Renierite-Namibia-2017-04-12-13-47-34-C-ed.jpg

**294 pav. a** https://i.ebayimg.com/images/g/ejcAAOSwdhdb5jYq/s-l300.jpg

**b** https://i.ebayimg.com/images/g/RXsAAOSwz5peDy-D/s-l225.jpg

**c** https://images.fineartamerica.com/images-medium-large-5/
germanium-containing-fibre-optics-cable-science-photo-library.jpg

**d** https://www.tomshw.it/files/2013/05/immagini_contenuti/46070/
dreamstime-s-16834466_t.jpg

**e** https://i.suar.me/WBvw/l

**f** https://assets.greentechmedia.com/assets/content/cache/made/assets/content/
cache/remote/https_assets.greentechmedia.com/content/images/articles/
ge-thin-film_721_420_80_s_c1.jpg

**g** https://cdn.arstechnica.net/wp-content/uploads/sites/3/2017/07/GettyImages-
691111618-760x380.jpg

**295 pav. a** https://www.purewaterproducts.com/img/arsenic_306.jpg

**c** https://energyeducation.ca/wiki/images/thumb/2/2f/Arsenic.jpg/200px-Arsenic.jpg

**296 pav.** https://i1.wp.com/lifedevil.com/wp-content/uploads/2019/03/albertus-magnus.jpg

**297 pav. a** https://images.summitmedia-digital.com/esquiremagph/images/
gallery/3888/MAINPARISGREEN.jpg

**b** https://www.grandamour.com.ua/wp-content/uploads/2016/04/Paris-Green-5.jpg

**c** https://knowledgenuts.com/wp-content/uploads/2014/03/napoleon.png

**298 pav. a** https://nationalgemlab.in/wp-content/uploads/2017/04/realgar36054a-300x300.jpg

**b** https://i.pinimg.com/564x/86/72/16/86721621d43c6fd24700544241e889cf.jpg

**c** https://www.patricialovett.com/wp-content/uploads/2016/04/orpiment19052a.jpg

**299 pav. a** https://lt.trendexmexico.com/images/avtomobili/
kakoj-akkumulyator-luchshe-vot-v-chem-vopros_3.jpg

**b** https://www.unitedmsg.com//assets/img/Lead/LEAD-SHOTS.jpg

**300 pav. a** https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/114192/1/s9.pdf

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6b/
Arsphenamine-trimer-2D-skeletal.png

**301 pav. a** http://i.huffpost.com/gen/5363314/images/n-CHICKENS-large570.jpg

**b** https://4.imimg.com/data4/BG/HJ/MY-664967/roxarsone-250x250.jpg

**c** https://modernfarmer.com/wp-content/uploads/2014/03/modfarm_pig.jpg

**302 pav. a** https://periodictable.com/Samples/034.5/s13.JPG

**c** https://theodoregray.com/periodictable/Samples/034.4/s8s.JPG

**303 pav. a** https://cdn.britannica.com/s:1500x700,q:85/55/127755-004-E6E79F56/Selenite.jpg

**b** https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-e3fab3bf2851a03ea37388e01f229439-c

**304 pav. a** https://490c44dcd1163f4b361b-fd05e0634567ef647d6e2f954bf7e93c.ssl.cf1.rackcdn.com/110184502_xerox-2520-asf-large-format-engineering-copier-wcutter-.jpg

**b** http://www.eztijara.com/storage/supplier/product/thumb/4c9ff39dbb3b205694a7dcc4c4caf142.jpg

**305 pav. a** https://a.1stdibscdn.com/archivesE/upload/7805/02_15/1619602/ORG_1619602.jpeg?width=1500

**b** http://img0.liveinternet.ru/images/attach/d/1/133/305/133305512_10.jpg

**c** https://eliseabramsantiques.com/sites/default/files/styles/uc_product/public/product-photos/complete-services/Red%20Steuben_0.jpg?itok=8mZCoHRu

**306 pav. a** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61reyIkofZL._AC_SL1024_.jpg

**b** https://www.commoncontentinfo.com/upload/images/SEL.jpg

**c** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51PIfRwPrJL._AC_SL1000_.jpg

**307 pav. a** https://g3.dcdn.lt/images/pix/430x260/EBX-17o8ROU/selenas-82590747.jpg

**b** https://www.eyepromise.com/wp-content/uploads/2014/07/Liver-Doctor-Selenium.jpg

**308 pav. a** https://5.imimg.com/data5/MC/FJ/SV/ANDROID-24930521/prod-20190722-2241441350580610-jpg-500x500.jpg

**c** https://img2.exportersindia.com/product_images/bc-full/dir_134/3998215/liquid-bromine-2963157.jpg

**309 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ac/Antoine_J%C3%A9r%C3%B4me_Balard_1870s.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/02/Carl_Jacob_Loewig_%281803-1890%29.jpg

**310 pav. a** The Silver Bromide Grain Of Photographic Emulsions: Trivelli, A. P. H., Sheppard, Samuel E.: 9781163762318: Amazon.com: Books

**b** https://img.17qq.com/images/arqsusauqhx.jpeg

**c** https://prestigeww.files.wordpress.com/2009/05/photographic-film.jpg

**311 pav. a** https://www.bestmag.co.uk/sites/default/files/styles/news-listings-image/public/redflow%20zinc%20bromine_0.jpg?itok=nPHZmowi

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/31/Redflow_ZBM2_zinc-bromine_flow_batteries_in_a_performance_testing_lab.jpg/880px-Redflow_ZBM2_zinc-bromine_flow_batteries_in_a_performance_testing_lab.jpg

**c** https://www.solarquotes.com.au/blog/wp-content/uploads/2018/03/redflow-battery-stack.jpg

**d** https://idtxs3.imgix.net/si/40000/65/41.jpg?w=1200&fit=fill&bg=ffffff&border=0&q=50

**312 pav. a** https://cdn.mos.cms.futurecdn.net/u5KHam7HsaxwSgjDvmAdJE-970-80.jpg.webp

**313 pav.** https://www.mindat.org/photo-712092.html

**314 pav. a** https://simple.wikipedia.org/wiki/File:Krypton_discharge_tube.jpg

**b** http://www.billfrymire.com/gallery/weblarge/fluorescent-lightbulb-enery-glow.jpg

**315 pav. a** http://batona.net/uploads/posts/2013-12/1386041135_07.jpg

**b** https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSsyUUAD9xDZMvVpWVZ30kWMai7i_om0YtA1w&usqp=CAU

**316 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/Na%2C11.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c9/Rb5.JPG

**317 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fe/Gustav_Robert_Kirchhoff.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/28/Robert_Bunsen_02.jpg/373px-Robert_Bunsen_02.jpg

**318 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Die_Flammenf%C3%A4rbung_des_Rubidium.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/2013_Fireworks_on_Eiffel_Tower_49.jpg

**319 pav.** https://cdn-shop.adafruit.com/1200x900/161-00.jpg

**320 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/Sr%2C38.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Strontium_destilled_crystals.jpg

**d** https://www.webelements.com/_media/elements/element_pictures/Sr.jpg

**321 pav.** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/William_Cumberland_Cruikshank_2.jpg

**322 pav. a** https://riverbankscribe.files.wordpress.com/2014/08/strontian_village_sign_med.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5b/Ardnastang_and_Strontian_from_Loch_Aline_road_-_geograph.org.uk_-_99364.jpg

**323 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d9/Strontianite_-_USGS_Mineral_Specimens_1046.jpg

**b** https://www.mindat.org/photo-556857.html

**324 pav. a** https://en.wikipedia.org/wiki/Celestine_(mineral)#/media/File:Celestine_Poland.jpg

**b** https://static.wikia.nocookie.net/exodus3000/images/c/cf/Celestite.jpg/revision/latest?cb=20100702162052

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ef/Putnisite.jpg

**325 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Flammenf%C3%A4rbungSr.png

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0c/Ignis_Brunensis_2010-05-22_%285%29.jpg

**c** http://www.geocities.ws/jeshuamalimata/2nd/periodic_table_malimata/Sr.jpg

**326 pav. a** https://i.pinimg.com/236x/36/df/3d/36df3db59077f7302e8e3f29221a3017.jpg

**b** https://banner2.cleanpng.com/20180302/ege/kisspng-television-clip-art-vector-vintage-tv-5a99486c685c08.146027311519994988427 5.jpg

**327 pav. a** https://5.imimg.com/data5/TH/UY/MY-8554528/sensodyne-toothpaste-500x500.jpg

**b** http://i710.photobucket.com/albums/ww104/monfance/COLGATESENSITIVE_zps582898ab.jpg

**328 pav. a** http://www.msrblog.com/wp-content1/uploads/2017/10/Yttrium-0.jpg

**c** https://media.sciencephoto.com/image/c0117512/800wm/C0117512-Yttrium.jpg

**329 pav. a** https://alchetron.com/cdn/carl-axel-arrhenius-d8c0fd31-d962-4957-9c7f-cd6ddb0e6b4-resize-750.jpeg

**b** https://www.chemistryviews.org/common/images/thumbnails/source/15d79f51b3c.jpg

**330 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ac/Ogasawara_Minamitorishima.png

**b** https://thebbb.net/img/japan-pedia/jp409-minami-tori-shima1.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/Aerial-View-Minamitori-Island-1987.jpg

**331 pav. a** https://spie.org/Images/Graphics/Newsroom/Imported-2014/005527/005527_10_fig1.jpg

**b** https://cdn-shop.adafruit.com/1200x900/778-00.jpg

**c** http://www.arch.rpi.edu/wp-content/uploads/2011/10/IMG_0895r_OPT.jpg

**332 pav. a** https://eksmaoptics.com/out/pictures/generated/product/1/1500_1500_75/NdYAG_crystal.jpg

**b** https://www.lasercomponents.com/fileadmin/user_upload/home/Images/Casix/casix_rod.jpg

**c** http://scientificmaterials.com/img/products/nd-yag-large.jpg

**333 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/92/Zirconium_crystal_bar_and_1cm3_cube.jpg

**c** https://wldrnessa.com/img/science/facts-about-hafnium.jpg

**334 pav. a** https://img.beautysalonequipmenttips.info/img/pic/top-9-list-of-december-birthstones-jewelry-designs-3.jpg

**b** https://www.picclickimg.com/d/l400/pict/252485472055_/LOT-D-VVS1-ROUND-BRILLIANT-LOOSE-Simulated-Diamond.jpg

**c** https://static.wikia.nocookie.net/forgottenrealms/images/4/4a/Zircon-b.jpg/revision/latest?cb=20110825211835

**335 pav. a** https://www.dakotamatrix.com/images/products/zircon34244c.jpg

**b** https://3.bp.blogspot.com/-8UXeb-B3RyE/T9FtGpYkXgI/AAAAAAAAAZo/ki9VC0mO6So/s1600/zircon+001.JPG

**c** https://www.nubisware.com/wp-content/uploads/2018/11/zircon.jpg

**336 pav. a** https://www.dakotamatrix.com/images/products/baddeleyite38812b_2.jpg

**b** http://webmineral.com/specimens/photos/Kosnarite2.jpg

**c** https://fb.ru/misc/i/gallery/10530/263842.jpg

**d** https://www.minerals.net/thumbnail.aspx?image=MineralImages/zircon-mt-malosa-malawi.jpg&size=500

**337 pav. a** https://www.azom.com/images/Article_Images/ImageForArticle_5898%282%29.jpg

**b** https://img.dentaleconomics.com/files/base/ebm/de/image/2017/09/1709dehoo_p02.png?auto=format&fit=max&w=1440

**c** https://zircoa.com/assets.common/images-prdts/crucibles-zirconia.jpg

**d** https://www.kremer-pigmente.com/elements/products/big/45400_1.jpg

**e** https://5.imimg.com/data5/XY/XM/MY-6312721/calcite-powder-500x500.jpg

**338 pav. a** https://img.17qq.com/images/hracrtthuax.jpeg

**b** https://img.performancegunworks.com/img/mill-2019/atomnaya-elektrostanciya-ustrojstvo-i-vliyanie-na-okruzhayushuyu-sredu-3.jpg

**c** https://s.libertaddigital.com/2021/03/29/600/0/pedro-tanaka.jpg.webp

**d** https://cdn.cnn.com/cnnnext/dam/assets/201008145103-01-fukushima-power-plant-water-tanks-0203-exlarge-169.jpg

**339 pav. a** https://sprint-olympic.ru/wp-content/uploads/5f07a4e936b720d06994607d6809fbd3.jpg

**c** http://www.globalskybusiness.com/images/Minerals/Niobio_1.jpg

**340 pav. a** https://paintingvalley.com/images/tantalus-painting-29.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Neustrelitz-goetter2-niobe.jpg

**341 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/Charles_Hatchett_2.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/Anders_Gustaf_Ekeberg.jpg

**c** https://history.rcplondon.ac.uk/sites/default/files/2019-12/PR2825_Wollaston_William-min.jpg

**d** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/16/Heinrich_Rose.jpg

**342 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c4/Galissard_de_Marignac.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/22/WP_Christian_Wilhelm_Blomstrand.jpg

**343 pav. a** https://www.dakotamatrix.com/images/products/pyrochlore36147a.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6b/Columbite-75444.jpg

**c** https://www.dakotamatrix.com/images/products/euxenite37080a.jpg

**d** https://nationalgemlab.in/wp-content/uploads/2017/04/niobite-dirk-wiersma-300x300.jpg

**344 pav. a** https://www.samaterials.com/img/cms/201704/Niobium-Metal.jpg

**b** http://image1.masterfile.com/em_t/00/19/74/700-00197427er.jpg

**c** http://slideplayer.com/slide/7979998/25/images/44/Apollo+Flight+Hardware.jpg

**d** https://images.assetsdelivery.com/compings_v2/ktsdesign/ktsdesign1406/ktsdesign140600004.jpg

**e** https://www.nazkhatoon.net/wp/wp-content/uploads/2016/09/mo26532-400x270.jpg

**f** https://images-of-elements.com/ag-nb-coin-2.jpg

**345 pav. a** https://www.rembar.com/wp-content/uploads/2017/09/molybdenum_ore.jpg

**c** https://images-of-elements.com/molybdenum.jpg

**346 pav.** https://periodieksysteem.com/files/2013-06/hjelm.jpg

**347 pav. a** https://www.dakotamatrix.com/images/products/molybdenite30623a.jpg

**b** https://www.dakotamatrix.com/images/products/wulfenite23960a.jpg

**c** http://geo.web.ru/druza/m-uvar_7-007-30mm_NK.JPG

**d** http://www.johnbetts-fineminerals.com/jhbnyc/mineralmuseum/20417.jpg

**348 pav. a** https://www.edge-techind.com/uploadfile/application/ThermalProcesses.jpg

**b** https://www.imoa.info/images/molybdenum_uses/Plansee_High_temp_furnace.jpg?m=1435498946

**c** https://tr.all.biz/img/tr/catalog/middle/266976.jpeg

**349 pav. a** https://i.ytimg.com/vi/x1sBmTz5XTY/hqdefault.jpg

**b** https://www.imoa.info/download_files/molybdenum/Molybdenum.pdf

**c** https://5.imimg.com/data5/GC/HB/QO/GLADMIN-8733608/selection-087-500x500.png

**d** https://shop.kremerpigments.com/elements/products/big/94738_1.jpg

**e** http://www.desulfurizingagent.com/sale-9569877-nickel-molybdenum-hydrodesulfurization-catalyst-ni-mo-hydrodesulfurization-of-natural-gas.html

**f** http://www.chinatungsten.com/German/Molybdenum/pic/Molybdenum-Filaments-07.gif

**g** http://atomicemporium.com/pages/photos/tungsten_filaments.JPG

**h** https://www.lighting-gallery.net/gallery/albums/userpics/10034/IN_WS_Auer_OR_30K_115V.jpg

**350 pav. b** http://www.msrblog.com/wp-content1/uploads/2017/10/Technetium-0.jpg

**351 pav. a** https://www.aip.org/system/files/styles/esva_full/private/esva-images/noddack_walter_a1.jpg?itok=3qcSEbnA

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6f/Otto_Berg_%28cropped%29.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/Ida_Noddack-Tacke.png

**352 pav. a** https://www.krugosvet.ru/sites/krugosvet.ru/files/img00/1000497_0497_301.jpg

**b** https://4.bp.blogspot.com/-6j5blTg56Kk/WJIEZRuSzsI/AAAAAAAACnQ/2WWMxlkdZH4_RctQjR_cA7SOi68APuUagCLcB/s320/Segre.jpg

**c** https://cdn.britannica.com/11/4011-050-5F4F3B0B/Glenn-T-Seaborg-1968.jpg

**353 pav.** https://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB3932555_EN.htm

**354 pav. a** https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jlcr.3531

**b** http://www.pharmacopeia.cn/v29240/usp29nf24s0_m80783.html

**c** https://www.neuroimaging.theclinics.com/article/S1052-5149(06)00074-8/fulltext

**d** https://usaha321.net/wp-content/uploads/2014/10/Penggunaan-Isotop-Radioaktif-dalam-berbagai-bidang.jpg

**e** http://www.chemistryexplained.com/photos/technetium-3352.jpg

**355 pav. a** https://ichef.bbci.co.uk/news/976/media/images/83302000/jpg/_83302058_c0018076-algodystrophy,_sci.jpg

**b** https://img.17qq.com/images/digjiigjgfz.jpeg

**c** https://www.infocusdiagnostics.com/images/nuclearmedicine/THALLIUM_SCAN_big.jpg

**d** https://www.nuklearmedizin-freiburg.de/wp-content/uploads/2015/03/cardio-f%C3%BCr-Flyer-298x300.jpg

**e** https://www.rossdales.com/assets/page-images/_sidebarFeaturedLandscape/Scintigraphy.jpg

**356 pav. a** http://rutheniumrocks.weebly.com/uploads/4/2/4/6/42469455/4316220.jpg?250

**c** https://kor.ill.in.ua/a/610x0/2083371.jpg?v=636469679166726500

**357 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2f/Carl_Ernst_Claus.jpg

**b** https://c7.alamy.com/comp/J3TA34/jedrzej-sniadecki-J3TA34.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/12/Gottfried_Osann_1823.png

**358 pav. a** https://www.dakotamatrix.com/images/products/pentlandite30904a.jpg

**b** https://www.unige.ch/sciences/terre/research/Groups/mineral_resources/archive/duparc/mhng/images/mhng_duparc_barantcha_pyroxenite_hornblendite_2.jpg

**c** https://www.mindat.org/imagecache/71/69/05827280014946662549843.jpg

**359 pav. a** https://5.imimg.com/data5/AV/QL/MY-838314/ruthenium-trichloride-500x500.jpg

**b** https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grubbs_Catalyst_2nd_Generation.png

**360 pav. a** http://thumb2.yokacdn.com/thumb.php?cut=1&f=http%3A//watch.yokamen.cn/upload//2013-09/c916a07677e1504619dcd0f2d9109eff.jpg&h=180&w=150&wt=0

**b** https://periodictable.com/Samples/044.7/s7s.JPG

**c** https://www.allo-bijoux.com/2548-thickbox_default/homme-bague-ecrou-acier-anneau-pivotant-ruthenium.jpg

**361 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0c/Rhodium_%2845_Rh%29.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/Rhodium_%28Rh%29.jpg

**362 pav. a** https://history.rcplondon.ac.uk/sites/default/files/2019-12/PR2825_Wollaston_William-min.jpg

**b** https://www.mindat.org/imagecache/7b/c5/00914580014946354974162.jpg

**363 pav. a** https://steemitimages.com/p/o1AJ9qDyyJNSpZWhUgGYc3MngFqoAMxo4xnyUJisyyKtmfqRg?format=match&mode=fit&width=640

**b** https://spic.one/wp-content/uploads/2018/07/pexels-photo-658687.jpeg

**364 pav. a** https://www.assignmentpoint.com/science/chemistry/bowieite-a-rhodium-iridium-platinum-sulfide-mineral.html

**b** http://webmin.mindat.org/specimens/photos/Shandite.jpg

**365 pav. a** https://infiswap.com/wp-content/uploads/2016/11/combo1380r13-13-vk-jewels-ring-set-original-imadzw9wvaztmjcg.jpeg

**b** http://i01.i.aliimg.com/wsphoto/v0/1700553349_1/Wholesale_30pcs_lot_Round_Shape_Plated_Rhodium_Enamel_Shiny_Color_Carved_Skull_Head_Tag_Alloy_Charms_27_23_3mm_146303.jpg_200x200.jpg

**c** http://imshopping.rediff.com/imgshop/800-1280/shopping/pixs/20336/s/sj6092en60_59bd1e477dc83._shostopper-vintage-collection-combo-pack-of-four--code---sj261cb300-.jpg

**d** https://www.zhulian.com.my/content/images/thumbs/0004728_rhodium-plated-hijab-jewellery-bh8983_550.jpeg

**366 pav. a** http://cdn2.3dtuning.com/info/Jaguar%20XF%202012%20Sedan/tuning/2.jpg

**b** https://hifipig.com/wp-content/uploads/2016/07/Black_Rhodium_salsa_speakercable_news.jpg

**c** https://d12oja0ew7x0i8.cloudfront.net/image-handler/ts/20170925044256/ri/750/src/images/Article_Images/ImageForArticle_11593(5).jpg

**367 pav. a** https://3.bp.blogspot.com/-Fdo8BWse3UM/UInlV2Vhj0I/AAAAAAAAAWg/o_VKTnrsvHI/s1600/MACCA.png

**b** https://4.bp.blogspot.com/-Q9VpTOiTGQw/U6C3TUeSF_I/AAAAAAAAETo/gdIctSk7eRo/s1600/untitled.bmp

**c** https://pbs.twimg.com/media/EHpWxqsW4AIF_f-?format=jpg&name=900x900

**368 pav. a** https://www.doplim.com.mx/adpics/2017/07/18/6596e76d0a3627-compro-cualquier-cantidad-de-escorias-de-plata-587687_4.jpg

**c** https://images-of-elements.com/palladium-2.jpg

**369 pav. a** https://www.ganoksin.com/wp-content/uploads/2016/06/palladium-bridal-jewelry-01.jpg

**b**, **c** http://e2k9ube.cloudimg.io/s/cdn/x/http:/edienet.s3.amazonaws.com/products/images/1951.jpg?v=06/05/2015

**d** https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ7PbzSi6_R4RfF5T9TeNUMD5UG4UQdWLjigQ&usqp=CAU

**e** https://cdn.providentmetals.com/wp-content/uploads/media/catalog/product/r/e/rev_1_2.jpg

**f** https://ltsale.onlineshopoutlet2021.com/category?name=louis%20arden%20%D8%B3%D8%A7%D8%B9%D8%A7%D8%AA

**g** http://thumbnail.image.rakuten.co.jp/@0_mall/aaa-corp/cabinet/70/snae08j1-1.jpg?_ex=128x128

**370 pav. a** https://5.imimg.com/data5/BO/WU/IZ/SELLER-21807851/palladium-catalyst-for-hydrogen-nitrogen-plant-500x500.jpg

**b** https://5.imimg.com/data5/OC/MY/UT/SELLER-21807851/palladium-catalysts-coated-on-alumina-for-nitrogen-gas-plant-500x500.jpg

**c** https://www.lookchem.com/images/PeriodicTable/Palladium%20.jpg

**d** https://cen.acs.org/content/dam/cen/94/18/09418-scitech1-3strucs-700.jpg

**371 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/55/Silver_crystal.jpg

**c** https://images-of-elements.com/silver.jpg

**372 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c4/Vad%C3%A1szt%C3%A1l_%282%29.jpg

**b** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51FTZB4pcnL.jpg

**c** https://i.pinimg.com/564x/51/f1/1c/51f11c9e86a39920f72b5ec17778896d.jpg

**d** http://www.realhistoryww.com/world_history/ancient/Images_Egypt/Silver_casket_of_Sheshonq_II.jpg

**373 pav. a** https://www.crystalclassics.co.uk/product/cc10137/

**b** https://www.dakotamatrix.com/images/products/acanthite33216a.jpg

**c** https://www.dakotamatrix.com/images/products/chlorargyrite32868e.jpg

**374 pav. a** http://www.greencapitalcity.pl/upload/d2a_recykling1.jpg

**b** https://img.alwakeelnews.com/Content/Upload/large/420208211245221270760.jpg

**c** https://www.sbsgroup.com.pk/wp-content/uploads/2013/02/Scrap-60.jpg

**375 pav. a** http://www.indianlacesandfabric.com/image/catalog/threads/th84-1024.jpg

**b** https://stampinup-content.azureedge.net/images/EC/138402G.jpg

**c** https://www.cooksongold.com/images-prod/KSA_690_.jpg

**376 pav. b** https://www.emk.com/product/image/medium/ibca202102_1.png

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b4/Europe._European_Cultural_Heritage._Aversum.2008.jpg

**d** https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ9f6M8M1EDH3SUEQF8xm_0S5WvdY0vCsG-eg&usqp=CAU

**377 pav. a** https://image.shutterstock.com/image-photo/antique-sliver-jewellery-925-braceletskadas-260nw-1734601709.jpg

**b** https://sc04.alicdn.com/kf/Uffd4839b541547a4858dd8d8a4027b54G.jpg

**c** https://www.hongfactory.com/our-story/

**d** https://plaza.akamaized.net/b943/2bFpkTVTT_480.jpg

**e** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/41C0ZjyHFLL._SS600_.jpg

**f** https://i.etsystatic.com/25373982/r/il/7adb2c/3097379078/il_1140xN.3097379078_1lvr.jpg

**378 pav. a** http://hdhightemperaturewire.com/wp-content/uploads/2020/10/17-awg-Polyimide-insulated-high-temp-wire.jpg

**b** http://aisphysicalscience.pbworks.com/f/Silver-Electrical-Contacts.jpg

**c** https://www.cb2.ca/accessories/wall-mirrors/1

**d** http://img.tradeindia.com/fp/1/001/901/644.jpg

**379 pav. a** https://bostonglobe-prod.cdn.arcpublishing.com/resizer/pk5YIh7OhC5SEapRHxflKwhpPNM=/1024x0/arc-anglerfish-arc2-prod-bostonglobe.s3.amazonaws.com/public/QAEH4RQZGMI6FBFJX2QTM7OVWQ.jpg

**b** https://img.17qq.com/images/gmhochpdopv.jpeg

**c** https://i.pinimg.com/564x/69/66/63/6966632de8de57fc333af66dfcdec181.jpg

**d** https://www.stabilis.org/images/Molecules/Molecule.992.jpg?tmp=27350

**e** https://phys.org/news/2015-05-nanosilver-future-antibiotics.html

**f** https://phys.org/newman/csz/news/tmb/2015/55658e7175d27.png

**380 pav. a** https://sep.yimg.com/ay/yhst-128880362216497/medline-silvasorb-gel-silver-hydrogel-wound-dressing-1.jpg

**b** https://img.17qq.com/images/mqqgmqqhkky.jpeg

**c** http://www.medicalantiques.com/civilwar/Surgery_set_images/Tiemann_USA_HD_field_set/DSC00060.JPG

**d** https://phisick.com/core/wp-content/uploads/catheter-ag-ob-107-620x480.jpg

**e** https://3nzqvsbciflkf8w72pv1lu1e-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2015/01/introduction_tube.jpg

**f** https://www.qch.on.ca/uploads/ICU/ICU%20Equipment/ETTube.jpg

**381 pav. a** https://d2d00szk9na1qq.cloudfront.net/Product/4e87a45a-07cf-449e-86b0-b44973401e13/Images/Large_0425221.jpg

**b** https://www.gloriapatchwork.com/6038-large_default/tela-de-lame-plata-de-147-cm.jpg

**c** https://shopbellavalentina.com/products/moroccan-silver-long-sleeve-mermaid-maxi-dress

**382 pav. a** https://img.17qq.com/images/iihjdiipfz.jpeg

**b** https://i.ebayimg.com/images/g/HgwAAOSwIMtfHDx0/s-l500.jpg

**c** https://www.newbridgesilverware.com/Images/Models/Full/5630.Jpg

**d** https://www.lollywarehouse.com.au/wp-content/uploads/2020/06/Hearts-Silver.jpg

**383 pav. a** https://i.ebayimg.com/images/g/1ugAAOSwmIBfDruS/s-l500.jpg

**b** https://img.17qq.com/images/nmdkogcnpcv.jpeg

**c** https://il.farnell.com/productimages/standard//en_GB/2811903-40.jpg

**d** https://www.2spi.com/catalog/items/05001-AB-14.jpg

**e** https://www.researchgate.net/figure/
Biomedical-applications-of-silver-nanoparticles_fig2_299490543
**f** https://img.17qq.com/images/phqpgnphhsy.jpeg
**g** https://www.researchgate.net/profile/Iqra_Awan2/publication/312229800/figure/fig43/AS:668
318474190856@1536350949440/
Silver-nanoparticles-in-solution-form-http-nanocomposixcom.jpg
**h** https://www.nkj.ru/upload/iblock/cfc/cfcce8acb950f461be519b07001e133e.jpg

**384 pav. a** https://www.zeeglasses.com/ueditor/php/
upload/image/20191127/1574837321120011.png
**b** https://introwellness.com/wp-content/uploads/2016/08/Transitions.png
**c** https://i0.wp.com/www.akkukachasma.com/wp-content/uploads/
2018/06/photocromic-1.jpg?fit=640%2C640

**385 pav. a** https://i.ebayimg.com/images/g/BSAAAOxyNq5SJfPM/s-l1600.jpg
**b** https://pics.drugstore.com/prodimg/274668/450.jpg
**c** https://www.esc.gov/monroneynews/archive/Vol_3/TG/_res/_img/08_3b_Silver.jpg
**d** http://original-silver-generator.com/assets/images/
x20_colloidal_silver_generator_full_blue_web.jpg

**386 pav. a** http://www.fjspecialty.com/fj-products/ricf/silver-zeolite/
**b** http://www.labuonaterra.eu/sites/default/files/styles/large/public/
zeolite-attivata.jpg?itok=yuQKh1Y1
**c** https://www.pharmaplast-online.net/product/pharmacoll-ag/
**d** https://www.researchgate.net/publication/
50304957_Fabrication_of_silver_nanoparticles_
doped_in_the_zeolite_framework_and_antibacterial_activity

**387 pav. a** https://thumbs.dreamstime.com/t/map-world-silver-3877503.jpg
**b** https://coolwallpapers.me/picsup/6026537-ball-decoration-holiday-star.jpg
**c** https://www.amazon.fr/images/I/41qUfIoyl3L._AC_SX425_.jpg
**d** https://www.bullionbypost.co.uk/media/uploads/pages/images/2019/09/06/
Silver_bars_big.jpg

**388 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b5/Cadmium-crystal_bar.jpg
**c** https://sph.washington.edu/sites/default/files/news/2019-11/
cadmium_metal_1200x600.jpg

**389 pav. a** https://sciencenotes.org/wp-content/uploads/2014/08/
Friedrich_Strohmeyer-266x300.jpg
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5b/
Karl_Samuel_Leberecht_Hermann_%281765-1846%29.jpg
**c** https://peoplepill.com/media/people/gallery/J/johann-christoff-heinrich-roloff/
Christoph_Wilhelm_Hufeland.jpg

**390 pav. a** https://3.imimg.com/data3/CA/LS/MY-6132983/
cadmium-electroplating-services-250x250.jpg
**b** http://www.uboltit.com/media/catalog/category/l9-hex-bolt.jpg

**c** https://pamenar.co/wp-content/uploads/2016/08/Proj2014Oct09.jpg

**391 pav. a** https://4.imimg.com/data4/LE/EV/MY-2730700/azo-pigment-500x500.jpg

**b** https://justpaint.org/wp-content/uploads/2015/12/CadmiumMill-300x200.jpg

**c** https://kids.kiddle.co/images/thumb/d/dc/Tyne_and_Wear_Metro_train_4001_at_Pelaw_01.jpg/600px-Tyne_and_Wear_Metro_train_4001_at_Pelaw_01.jpg

**d** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/11JxIkOhsWL.jpg

**e** https://si.wsj.net/public/resources/images/BN-EX075_cadmiu_G_20141007162521.jpg

**f** https://images.artistrunwebsite.com/arwblog/bg_33781446197928.jpg?1446197929

**392 pav. a** https://quantumdotz.com/wp-content/uploads/2020/08/CdSe-Quantum-Dots-1.jpg

**b**, **c** https://slideplayer.com/slide/5849569/19/images/12/Structure+of+CdSe+Quantum+Dots.jpg

**d** https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2011/jm/c0jm03527k#!divAbstract

**393 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/41/NiCd_various.jpg/440px-NiCd_various.jpg

**b** http://ukbatterysales.co.uk/wp-content/uploads/2015/04/lce-p-range.png

**c** https://s.yimg.com/aah/theshorelinemarket/tenergy-20400-c-cell-3500mah-1-2v-nickel-cadmium-nicd-button-top-battery-bulk-26.jpg

**d** https://batteryguy.com/images/P/BGN1100AEL.jpg

**e** https://batteryguy.com/images/P/BGN1800-5CWP-1181EC.jpg

**394 pav. a** https://www.dkn.tv/wp-content/uploads/2018/03/1185.jpg

**c** https://www.chemistrylearner.com/wp-content/uploads/2018/06/Indium-Pictures.jpg

**395 pav. a** https://blogs.hrz.tu-freiberg.de/wp-content/uploads/2013/10/Ferdinand-Reich-630x900.jpg

**b** https://blogs.hrz.tu-freiberg.de/wp-content/uploads/2013/10/Hieronymus-Theodor-626x900.jpg

**396 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4e/Indigo_cake.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4e/Indigo_cake.jpg/220px-Indigo_cake.jpg

**c** https://www.saintignace.org/wp-content/uploads/indigo-bunting.jpg

**397 pav. a** http://www.minservice.com/cartshop3/catalog/6356_CYLI_DANI_g.jpg

**b** https://www.dakotamatrix.com/images/products/dzalindite27307b.jpg?maxwidth=444&maxheight=333&crop=auto&quality=100

**c** https://webmineral.ru/upload/b128b1a2a4fb020bb87e95e1bda10952.jpg

**398 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/16/Ball_Bearing2.jpg/800px-Ball_Bearing2.jpg
**b** https://www.indium.com/assets/images/applications/sealing/hermetic-sealing.jpg
**c** https://cdn3.volusion.com/hgmta.zfavt/v/vspfiles/photos/MQG7506-XS-2.jpg
**399 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2a/Stone_Flower_%28%D0%9A%D0%B0%D0%BC%E2%80%99%D1%8F%D0%BD%D0%B0_%D0%BA%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BA%D0%B0%29.jpg
**b** https://www.omicsonline.org/articles-images/2157-7544-6-147-g006.gif
**c** https://www.universitywafer.com/img/Indium_Phosphide_night-vision.jpg
**d** https://www.universitywafer.com/img/ingaas-photo-detector.jpg
**400 pav. a** http://www.enamcn.com/en/Product-show-32-IndiumOxideTarget.html
**b** https://i.pinimg.com/236x/f9/81/74/f981747e09b77f0a3635f277da870a95.jpg
**c** http://images.glassinchina.com/big/photo/2018/07/12/18071215097977.jpg
**d** https://www.robotistan.com/ito-indium-tin-oxide-coated-glass-plate-6113-23-K.jpg
**e** https://sl.wikipedia.org/wiki/Elektroluminiscenca#/media/Slika:EL_unlit-lit_animation.gif
**401 pav. a** http://www.mosopower.com/UploadFiles/Images/2016/5/20160503111421090.jpg
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9f/Cigsep.jpg
**402 pav. a** https://i2.alfi.lt/85/92/88.jpg
**b** https://apps-cloud.n-tv.de/img/5155221-1354615943000/16-9/750/Uv-LED.jpg
**c** https://5.imimg.com/data5/VZ/SU/JV/SELLER-1225448/u-v-led-125x125.jpg
**403 pav. a** https://img.17qq.com/images/ncdhdndkdpv.jpeg
**c** https://www.autodesk.com/products/eagle/blog/wp-content/uploads/2017/02/tin2.jpg
**404 pav**. **a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/81/Cassiterite-202131.jpg
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Jamesonite%2C_Stannite-411832.jpg
**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6c/Cylindrite-170105.jpg
**d** https://d7lju56vlbdri.cloudfront.net/var/ezwebin_site/storage/images/_aliases/img_1col/noticias/demostrado-el-potencial-de-un-mineral-clasico-para-la-nueva-electronica/5942325-1-esl-MX/Demostrado-el-potencial-de-un-mineral-clasico-para-la-nueva-electronica.jpg
**405 pav. a** https://img3.exportersindia.com/product_images/bc-full/dir_56/1655099/stannous-tin-chloride-700150.jpg
**b** http://3.imimg.com/data3/KS/SH/MY-636472/4-125x125.jpeg
**c** http://cdn.content.compendiumblog.com/uploads/user/af12973f-cd7e-4c45-9491-c37a7fb2af13/e80b162b-4643-4066-a1d4-61ca5b661faa/Image/2e5f51c3903a23d4eb46cd971fc6d774/dscf0147_w640.jpeg
**406 pav. a** https://jabco-2.azureedge.net/img/product/CANteen_Pint_(3)-B.jpg

**b** https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1WqnNPVXXXXbraFXXq6xXFXXXk/D7XH7-Metal-cup-Planter-font-b-pot-b-font-garden-Meat-font-b-plant-b-font.jpg

**c** https://www.ampere.com/en/typologie/tin-anodes-alloys/

**d** https://images-of-elements.com/tin-vase.jpg

**e** https://cdn.asriran.com/files/fa/news/1395/9/6/642209_733.jpg

**407 pav. a** http://3.bp.blogspot.com/-0X_cTThjJkM/U5x1cTB2RUI/AAAAAAAAAGk/qcl_ZEMp5S8/s1600/download+(1).jpg

**b** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51iQ7nEP50L.jpg

**c** https://northridgefix.com/wp-content/uploads/2020/07/s-l300.jpg

**d** https://st22.stpulscen.ru/images/product/183/842/996_big.jpg

**408 pav. a** https://i.pinimg.com/236x/dd/fa/46/ddfa46f40b68679848a57ec7b3494d2c.jpg

**b** https://www.mauviel-boutique.com/101-large_default/rondeau-avec-couvercle-m-tradition.jpg

**c** https://www.edehillerin.fr/683/casserole-cuivre-etame-extra-fort-queue-bronze.jpg

**d** https://yagmuryukseldesign.files.wordpress.com/2020/10/bronze.jpg?w=640

**e** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/aa/Hedwigsmedaille.bronze.1.jpg/600px-Hedwigsmedaille.bronze.1.jpg

**f** http://ancientpoint.com/imgs/a/e/a/l/u/ultimate_rare_romantic_french_antique_polychrome_bronze_sculpture_la_monaca_1_thumb2_lgw.jpg

**409 pav. a** https://2.bp.blogspot.com/-WzM2aL_oUzw/Td7j36T6vpI/AAAAAAAAFeo/GE7g2yT4R7w/s1600/Antimonio%2Bnativo%2B2.jpg

**c** https://www.dakotamatrix.com/images/products/antimony32790e.jpg

**410 pav. a** https://img.wattpad.com/cover/23044224-512-k271489.jpg

**b** https://img.17qq.com/images/mhhhmfgpmny.jpeg

**411 pav. a** http://www.awminerals.com/img/Updates/20200925/LT16-a_prev.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cd/Stibnite.jpg

**c** https://llorensminerals.com/wp-content/uploads/2017/08/Llorens-Anti0197.jpg

**412 pav. a** https://1.bp.blogspot.com/-7TGkiQpHSTU/XgjckgWb5wI/AAAAAAAARro/sbeTf_TWIHoR8nw3xokF_xbQV1u47f-rACLcBGAsYHQ/s1600/agricola.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/Andreas_Libavius.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Anton_von_Swab.jpg

**413 pav. a** https://5.imimg.com/data5/EP/QC/MY-838314/antimony-trioxide-500x500.jpg

**b** http://m.xmditaichemical.com/Content/upload/2018271562/20180627171623992640 6.jpg

**c** http://image.ec21.com/image/wjlovefover/mimg_GC08748709_CA08751000/Antimony_Trioxdie_ABS80.jpg

**414 pav. a** https://smhttp-ssl-60380.nexcesscdn.net/media/catalog/product/cache/1/thumbnail/100x/8fbe6bb6bd19da5d71e7f7c23b71d8e4/s/w/sw_437-54_3.jpg

**b** https://sc04.alicdn.com/kf/H5527f4eaa91b46eb8ece97fc0ff595b57.jpg

**c** https://www.nanotrun.com/u_file/1905/products/28/ca7b83ba02.jpg.500x500.jpg

**d** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ae/Red_lead.jpg/244px-Red_lead.jpg

**415 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8e/Antimony_potassium_tartrate.png/400px-Antimony_potassium_tartrate.png

**b** https://img.tineye.com/result/2147766f2ca5292e8643e87c693ad0e49cb45ccc3f191b2644204ba757bd2e6f?size=160

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8c/Potassium_antimonyl_tartrate.png/200px-Potassium_antimonyl_tartrate.png

**416 pav. a** https://www.dakotamatrix.com/products/4528/tellurium

**c** https://alchetron.com/cdn/tellurium-8b6e3a77-a099-45ab-a33b-f99311ef479-resize-750.jpg

**417 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/49/Franz-Joseph_M%C3%BCller_von_Reichenstein.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/16/Kitaibel.jpg

**418 pav. a** https://ts1.mm.bing.net/th?id=OIP.f1PSUoCcyETh4fP2xpqYIgHaFj&pid=15.1

**b** http://ts2.mm.bing.net/th?id=OIP.XNdN_JwJT_bNQAsha_U6bwHaFj&pid=15.1&w=80&h=80 **c** https://www.flickr.com/photos/jsjgeology/19742639261

**d** https://i.pinimg.com/564x/ea/40/96/ea4096a81a35718faf9fd77156b12ac4.jpg

**e** https://i.pinimg.com/564x/35/c7/a2/35c7a25ad0199480bf52cc2505e23bb7.jpg

**419 pav. a** https://taixie.en.made-in-china.com/product/VdcJEiICZTky/China-C145-C14500-Tellurium-Copper-Alloy-Deoxidized-Grades-.html

**b** http://www.psanalytical.com/images/misc_images/bearing.jpg

**c** http://3oit7w2b14a33uvyzw493c4s.wpengine.netdna-cdn.com/industrial/wp-content/uploads/sites/4/2014/07/Metals-300x165.jpg

**420 pav. a** http://www.itnewsagency.com/wp-content/uploads/2019/05/circuit-board-728x485.jpg

**b** https://www.smelectronics.com/category/semiconductors/semiconductors-ic-s-resistors-capacitors-rectifiers-etc

**c** https://4.imimg.com/data4/HV/PS/MY-6848275/solar-panels-250x250.jpg

**421 pav. a** https://cdn.britannica.com/68/132468-050-9DE736C3/Iodine.jpg

**c** https://cdn.mos.cms.futurecdn.net/S2ELTJhgPcWqHt7dz9zSgb-970-80.jpg.webp

**422 pav. a** https://everythingiodine.files.wordpress.com/2013/11/bernard-courtois.jpg

**b** http://d1068036.site.myhosting.com/people/Reich.jpg

**c** https://www.sciencehistory.org/sites/default/files/styles/rte_full_width/public/historical_profile/bio-gay-lussac-portrait.jpg?itok=LG1jGwDR

**423 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/Iodine-3D-vdW.png

**b** http://www.anglesandacid.com/uploads/1/6/6/4/16649408/800533394.gif

**424 pav. a** https://www.photolibrary.jp/mhd6/img174/450-20101011214344356 92.jpg

**b** https://dogtime.com/assets/uploads/2009/09/food-bad-for-dogs-salt-720x407.jpg

**c** https://web.natur.cuni.cz/~kudch/main/halogeny/HALOGENY/HALOGENY/jod/vyskyt/lautarit/0064270001197379451.jpg

**d** https://web.natur.cuni.cz/~kudch/main/halogeny/HALOGENY/HALOGENY/jod/vyskyt/dietzeit/0301650001144931749.jpg

**425 pav. a** https://quizizz.com/_media/quizzes/c4bed1e0-3443-4be5-9740-3c7c3ccd2a38_90_90

**b** https://i.pinimg.com/474x/36/95/a8/3695a89cf5adec6c47a6ed09e25a96f4--change-to-chemistry-demonstrations.jpg

**426 pav. a** https://www.zid.com.ua/images/article/iodine_s.jpg

**b** https://useruploads.socratic.org/BKK1dxspSN6OmLE0VAso_Test%2Bfor%2BStarch.jpg

**c** https://media.sciencephoto.com/image/c0114519/800wm/C0114519-Iodine_starch_test.jpg

**427 pav. a** https://www.newgpc.com/sites/default/files/styles/500x500_s/public/2018-05/Iodine%20Solution%2030%20ml%20%28bottle%29.png?itok=poXiGKfX

**b** https://monroerealtraining.com/wp-content/uploads/2016/04/Iodine-surgery.jpg

**c** https://www.healthing.ca/wp-content/uploads/2019/10/9806.jpg

**428 pav. a** https://img.17qq.com/images/aruwreccscx.jpeg

**b** https://www.tech-news.websawa.com/wp-content/uploads/2020/07/in-the-human-throat-can-worms-1.jpg

**c** https://joob.sg/wp-content/uploads/2020/09/how-to-test-your-body-for-parathyroid-disease_1.jpeg

**429 pav. a** https://www.hullegalaxytabs.com/wp-content/uploads/2018/03/xenon7-678x381.jpg

**c** https://images-of-elements.com/xenon-2.jpg

**430 pav. a** https://tiimg.tistatic.com/fp/3/005/431/electric-he-ne-laser-452.jpg?tr=n-w340

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/2014_Toyota_Avalon_Quadrabeam_Headlamp.jpg

**c** https://www.bikelitez.com/v/vspfiles/photos/Hid-kit-67-2.jpg

**d** https://www.dhresource.com/100x100/f2/albu/g9/M01/F0/A1/rBVaWF5sr7GAD4EBAAoQGIUI3Zc591.jpg

**431 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/Cesium.jpg

**c** https://img.17qq.com/images/crqqusquucx.jpeg

**432 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/Pollucite-RoyalOntarioMuseum-Jan18-09.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Lepidolite-140533.jpg

**c** http://www.sbquantumhealth.com/mineral_images/Petalite_lg.jpg

**433 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/11/CsCrystals.JPG

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/80/Cesium_ampoule_in_acrylic_cube.jpg

**434 pav. a** https://cdn.zmescience.com/wp-content/uploads/2021/04/1024px-ChipScaleClock2_HR.jpg

**b** https://hsto.org/storage1/f50cadee/20689aa9/1a93302f/212a92a4.jpg

**c** https://scx2.b-cdn.net/gfx/news/hires/2013/nistytterbiu.jpg

**435 pav.** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/38/DiamondRig-SuperFoam.jpg

**436 pav. a** http://www.graylark.com/eve/Caesium-chloride-3D-ionic.png

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/CsCl_polyhedra.png

**437 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/16/Barium_unter_Argon_Schutzgas_Atmosph%C3%A4re.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/42/1.5_grams_barium_with_a_grey_oxide_layer_under_argon.jpg

**438 pav. a** https://cdn.britannica.com/s:1500x700,q:85/86/123786-004-5CC7D35D/Barite-crystals.jpg

**b** https://cdn.shopify.com/s/files/1/0187/6570/products/Baryta_Carbonica_2_copy.jpg?v=1568693575

**439 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/2006_Fireworks_1.JPG

**b** https://www.webelements.com/_media/elements/pics/Ba-KClO3-flame.jpg

**440 pav. a** https://pic.pimg.tw/forcesofnature/1464160482-2662255037.jpg?v=1464160486

**b** https://i2.wp.com/ixbapi.healthwise.net/resource/12.9/media/medical/hw/h9991105.jpg?w=1140&ssl=1

**c** https://colorectingcancer.files.wordpress.com/2011/05/barium_enema.jpg

**441 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6a/Sparkplug.jpg/300px-Sparkplug.jpg

**b** https://i.pinimg.com/736x/43/3e/14/433e14f3493ea29eda6ac8318be53571.jpg

**c** https://www.craftcouncil.org/sites/default/files/Littleton_1983.jpg

**442 pav. a** http://www.twnree.com/wp-content/uploads/2012/02/57-Lanthanum-930x523.jpg

**c** https://images-of-elements.com/lanthanum.jpg

**443 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8b/Mosander_Carl_Gustav_bw.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/19/Axel_Erdmann.jpg

**444 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Monazite-%28Ce%29-164025.jpg

**b** https://www.dakotamatrix.com/images/products/lanthanite34162a.jpg

**c** https://www.dakotamatrix.com/images/database/bastnasite177f.jpg?maxwidth=180&maxheight=180&crop=auto

**445 pav. a** https://2.bp.blogspot.com/-AtWOwDvEYPc/VKnAB_WuKWI/AAAAAAAAAds/mVg-XutAqyU/s1600/Pengertian%2BLantanum%2Bdan%2BPenjelasannya.PNG

**b** https://www.hnrem.com/Upload/Template/RareeEarth/attached/image/20200907/20200907035656_0944.jpg

**c** https://fuelcellmaterials.com/wp-content/uploads/cathode-6.jpg

**d** https://img.medscapestatic.com/pi/features/drugdirectory/octupdate/SHR02571.jpg

**e** https://wallpapercave.com/wp/wp2116046.jpg

**446 pav. a** http://www.twnree.com/wp-content/uploads/2012/02/58-Cerium-930x523.jpg

**c** https://cdn.thinglink.me/api/image/626883944842788866/1240/10/scaletowidth

**447 pav. a** https://c7.alamy.com/comp/J38TR2/cronstedt-J38TR2.jpg

**b** https://sok.riksarkivet.se/sbl/bilder/13614_7_019_00000098_2_small.jpg

**c** https://cdn.britannica.com/37/13137-004-8A83A3CF/Jons-Jacob-Berzelius-detail-oil-painting-Olof-1843.jpg

**448 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/94/Cerite.jpg

**b** https://www.dakotamatrix.com/images/products/cerite32364a.jpg

**449 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e8/Cerium%28IV%29_oxide.jpg

**b** https://enochdye.en.made-in-china.com/product/IjhEozVAHgWi/China-Cerium-Sulfide-Pigment-Pigment-Red-265-for-Plastic-Nylon-Use.html

**c** http://www.blueoptics.cn/uploads/allimg/products/Scintillation%20crystal/Ce-YAG.jpg

**d** https://cdn-shop.adafruit.com/1200x900/846-00.jpg

**e** https://cdn.jracenstein.com/mmjrcnew/images/76-26_cerium-oxide-powder_lrg.jpg?w=400&h=400

**f** http://www.parniok.ru/img/objects/1337273687576608108.jpg

**450 pav. a** https://hastingstechmetals.com/wp-content/uploads/2018/01/praseodymium.jpg

**c** https://images.uncyclomedia.co/uncyclopedia/en/8/8e/Parodymium.png

**451 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f7/Auer_von_Welsbach.jpg

**b** https://i.ebayimg.com/images/g/dNEAAOSwp7de9v1V/s-l500.jpg

**452 pav. a** https://i.pinimg.com/236x/c3/62/cb/c362cb659e257243417c1f5adc9a4352.jpg

**b** https://i.pinimg.com/564x/e7/8b/12/e78b1287159c02485ef6aac009061eac.jpg

**453 pav. a** https://5.imimg.com/data5/TE/AD/SZ/SELLER-53571792/praseodymium-nitrate-powder-500x500.jpg

**b** https://www.chemicool.com/elements/praseodymium.html

**c** https://www.alibaba.com/product-detail/Pr-praseodymium-yellow-ceramic-pigment_60761127960.html

**d** https://tradium-invest.com/en/metals/praseodymium/

**e** http://physicsbuzz.physicscentral.com/2016/01/didymium-unreal-element-in-glassworking.html

**454 pav. a** https://images-of-elements.com/neodymium.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0b/Electron_shell_060_Neodymium.svg

**c** https://images-of-elements.com/neodymium-ox.jpg

**455 pav. a** https://thumbs.worthpoint.com/zoom/images3/1/1116/26/dessert-glasses-dishes-moser_1_5cd42c2fbbc97b5a4a9bfe75e02bbf7c.jpg
**b** https://magnit-nebo.ru/image/catalog/articles/art11.png
**c** https://www.20thcenturyglass.com/store/images/large/2011/neo080911_bird_02.jpg

**456 pav. a** https://images.ipros.jp/public/product/image/569/2000531164/IPROS99368311859555877098.png?h=220&w=220
**b** https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1OtRnAwmTBuNjy1Xbq6yMrVXac/XAC-Laser-crystal-nd-yag-rod-for-nd-yag-laser.jpg_q50.jpg

**457 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bd/NeoCube.jpg/220px-NeoCube.jpg
**b** https://cbu01.alicdn.com/img/ibank/2016/300/774/2835477003_1723220118.310x310.jpg
**c** http://yura.puslapiai.lt/KALB/pol/pols_hdd/duomen13.jpg
**d** https://mytop-fr.designuspro.com/wp-content/uploads/2019/09/image-11-4-1024x576.jpg
**e** https://www.guitarfetish.com/assets/images/shpn.jpg
**f** https://www.hsmagnets.com/product/wind-turbine-generator-windmill-magnets/
**g** https://deskarati.com/wp-content/uploads/2011/07/Wind-Turbine-Cut-Away.jpg

**458 pav. a** https://cdn.thinglink.me/api/image/496078979871014914/1240/10/scaletowidth
**c** https://5.imimg.com/data5/HU/CO/MY-8157845/promethium-metal-500x500.jpg
**d** https://flatrock.org.nz/static/frontpage/large_promethium.jpg

**459 pav. a** https://image.ceneostatic.pl/data/products/32526248/i-veronese-unikatowa-rzezba-prometeusz.jpg
**b** https://www.ancient-origins.net/sites/default/files/Prometheus-brings-fire.jpg

**460 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/34/Bohuslav_Brauner.jpg
**b** https://assets.sutori.com/user-uploads/image/eff03bd9-e1f7-4438-bc53-0f9a9447f8b4/fb380250658e0fef68b8e87b45d3c6d2.jpeg
**c** https://www.findagrave.com/memorial/11711644/jacob-akiba-marinsky
**d** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c5/Larry_E_Glendenin.jpg?1620651615299
**e** https://academictree.org/photo/005/cache.054085.Charles_Coryell.jpg

**461 pav. a** https://innovation.engie.com/uploads/articles/1200_500/5457fb95ea67d-nuclear-battery.jpg
**b** https://deskarati.com/wp-content/uploads/2013/03/nuclear-battery.jpg
**c** https://i0.wp.com/www.electricalidea.com/wp-content/uploads/2020/03/Nuclear-battery.jpg?resize=293%2C266

**462 pav. a** https://sciencenotes.org/wp-content/uploads/2019/01/062-Samarium.png

**c** http://www.msrblog.com/wp-content1/uploads/2017/10/Samarium0.jpg

**463 pav. a** https://www.mtholyoke.edu/courses/mdyar/slides/mins/images/samarskite.jpg

**b** https://static.wikia.nocookie.net/forgottenrealms/images/1/1f/Samarskite1.jpg/revision/latest?cb=20140130212358

**464 pav. a** https://www.qualitylogoproducts.com/images/_promo-university/hmw/Image_Artboard9.png

**b** https://i.ebayimg.com/images/g/rXAAAOSw-INbYyfM/s-l64.jpg

**465 pav. a** https://i.mydoctorreviews.com/images/357176/image.jpg

**b** https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspa.2009.0009

**c** https://i.ytimg.com/vi/4_mDcRHC_sM/mqdefault.jpg

**d** https://www.schott.com/en-us/products/laser-materials-and-components

**e** https://www.smart-elements.com/shop/samarium-3-doped-barium-phosphate-glass-ingot-35-grams/

**466 pav. a** https://images-of-elements.com/europium.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/Eu-Block.jpg

**467 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/94/Demar%C3%A7ay.jpg

**b** https://cloud.educaplay.com/recursos/129/4147096/imagen_1_1542558151.jpg

**468 pav. a** https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/tc/c5tc02515j#!divAbstract

**b** https://player.slideplayer.com/86/14060636/slides/slide_36.jpg

**c** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51GZkKiarOL.jpg

**d** https://www.scoopwhoop.com/Do-You-Know-Why-Euro-Bank-Notes-Use-The-Chemical-Europium/

**469 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d1/Gadolinium-4.jpg

**c** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/5197v7roivL.jpg

**470 pav.** http://newlandsproject.com/Biographies/Pix/de-Marignac.jpg

**471 pav. a** http://www.sdcrystal.cn/en/productshow.asp?id=159

**b** http://www.galliumnitridewafer.com/photo/pl18105282-ggg_substrate_gadolinium_gallium_garnet_ggg_gd3ga5012_crystal_substrate.jpg

**472 pav. a** https://captaincorrosion.com/product/solid-oxide-fuel-cell-animation/

**b** https://cdn.shopify.com/s/files/1/0098/2587/8074/products/JAZ200-222-NF5_1400x.jpg?v=1609017448

**c** https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-d97a5ab462fc15203a94944175d099bc

**d** https://www.pnnl.gov/news/images/photos/20130822100147757.jpg

**473 pav. a** https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/nr/c6nr00267f#!divAbstract

**b** http://www.icma.unizar-csic.es/ICMAportal/imagenes/superconductor08.JPG

**c** https://charlottejohnhome.files.wordpress.com/2018/10/mri.jpg

**d** https://www.drugwatch.com/wp-content/uploads/Gadolinium-Injection.jpg

**474 pav. a** http://www.epi-materials.com/wp-content/uploads/2019/09/terbium.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9a/Terbium-2.jpg

**475 pav. a** https://www.techno-science.net/illustration/Physique/Lumiere/laser-peigne.jpg

**b** https://www.ikz-berlin.de/fileadmin/user_upload/Medienresonanz/2019_04_zlm.jpg

**c** https://www.lightingdesignlab.com/sites/default/files/images/LED-Emission-Pattern-1.jpg

**d** https://news-cdn.softpedia.com/images/news2/Terfenol-D-No-Speakers-Great-Sound-7.png

**e** https://www.avalonadvancedmaterials.com/rare_metals/terbium/

**f** https://theodoregray.com/periodictable/Elements/065/index.html

**476 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f9/Dysprosium_%2866_Dy%29.jpg

**c** https://scx2.b-cdn.net/gfx/news/2016/thisisdypros.jpg

**477 pav. a** https://www.indiamart.com/proddetail/personal-dosimeters-4999707055.html

**b** https://sociedadytecnologiacul1.files.wordpress.com/2010/11/reactor-nuclear.jpg

**c** https://media.istockphoto.com/photos/front-of-an-old-magnetic-disket-on-white-background-picture-id899972162?s=612x612

**d** http://pembrokeshire-herald.com/43663/third-time-unlucky-for-wind-farm/

**e** https://theodoregray.com/PeriodicTableDisplay/Elements/066/index.html

**478 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0a/Holmium2.jpg

**c** http://www.sciencemadness.org/smwiki/index.php/Holmium

**479 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a3/Jacques-Louis_Soret.JPG

**b** http://www.periodensystem-online.de/entdecker/delafontaine_marc.jpg

**c** https://www.worldofchemicals.com/Article/158/Per-Teodor-Cleve.jpg

**480 pav. a** https://4.imimg.com/data4/TU/YL/MY-3724857/holmium-oxide-500x500.jpg

**b** https://en.wikipedia.org/wiki/Holmium(III)_oxide#/media/File:Holmium(III)_oxide.jpg

**c** https://www.hbsuoyi.com/product-detail/2470589235348480.html

**481 pav. a** http://cdn2.fast-serve.net/cdn/mountainsafety/Magnetic-Interference_700_600_48D7W.jpg

**b** https://theodoregray.com/periodictable/Samples/067.x1/index.s12.html

**c** https://drheidarian.ir/wp-content/uploads/b11.jpg

**d** http://scienceon.hani.co.kr/files/attach/images/73/273/136/00singleatom2.jpg

**482 pav. a** https://www.thoughtco.com/thmb/R8OAkQhQqoxwT7kWoZ_QCOPQgBs=/768x0/filters:no_upscale():max_bytes(150000):strip_icc():format(webp)/Erbium-5b6b2822c9e77c005042bbc8.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0a/Holmium2.jpg

**483 pav. a** https://4.imimg.com/data4/OL/YC/MY-3724857/erbium-oxide-powder-500x500.jpg

**b** https://www.cmog.org/sites/default/files/styles/cmog_primary_image/public/collections/52/52B2339E-2363-458F-B7ED-77A68EAD6821.jpg?itok=QhHyaA6L

**c** https://ceramicartsnetwork.org/daily/ceramic-supplies/ceramic-colorants/using-rare-earth-oxides-as-ceramic-colorants-to-obtain-intense-colors/

**d** https://theodoregray.com/PeriodicTable/Samples/068.8/index.s12.html

**e** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/Extreme_ultraviolet_%28EUV%29_frequency_comb_%286806854303%29.jpg

**f** https://www.beautetrade.com/products/popular-erbium-glass-fiber-fractional-laser-1550nm-beauty-equipment/20734/

**484 pav. a** https://cdn.britannica.com/67/132467-004-72C43818/Thulium.jpg

**c** https://5.imimg.com/data5/JE/OX/MY-8157845/thulium-metal-500x500.jpg

**485 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/44/Thule_carta_marina_Olaus_Magnus.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f6/StampThule1935Michel3.jpg

**c** https://1yd4xt11c7is39w2ckdxdls5-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2015/03/thule-society.png

**d** https://i.pinimg.com/564x/99/6a/38/996a38e60f61a75b93f4959effc6775a.jpg

**e** http://www.polardesglaces.com/medias/images/07-5.jpg

**486 pav. a** https://5.imimg.com/data5/CJ/AX/GLADMIN-2573879/vela-qi-30w-500x500.png

**b** https://www.avalonadvancedmaterials.com/rare_metals/thulium/

**c** https://reliablelaser.com/

**487 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ce/Ytterbium-3.jpg

**c** http://4.bp.blogspot.com/-Yr6JPZsprI8/Tqw4J850B9I/AAAAAAAAKBg/12BmdybAgyU/s1600/Ytterbium.jpg

**488 pav. a** https://www.worldofchemicals.com/Article/233/Georges-Urbain.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f7/Auer_von_Welsbach.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/78/The_late_professor_Charles_James_1880-1928.png

**489 pav. a** https://www.skytechrolling.com/images/steel-round-bar.jpg

**b** https://www.keopsys.com/portfolio/cw-ytterbium-fiber-laser-giga-series/

**c** https://images.tokopedia.net/img/cache/100-square/product-1/2018/10/12/1410609/1410609_159fc330-4d88-46a4-93ab-d1655d565eef_882_882.jpg.webp?ect=4g

**d** https://amtest.lt/wp-content/uploads/2020/12/EXERTUS-CIRCA.jpg

**490 pav. a** https://chemicool.com/elements/images/300-lutetium.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f7/71--lutetium%2C_cut_piece.JPG

**491 pav. a** http://www.msrblog.com/wp-content1/uploads/2017/10/Hafnium-0.jpg

**c** https://elements4kids.files.wordpress.com/2013/11/haf.jpg

**492 pav. a** https://www.dwc.knaw.nl/DL/images_persons/PE00004691.jpg

**b** https://photos.aip.org/system/files/styles/esva_full/private/esva-images/hevesy_georg_von_a6.jpg?itok=kNzBNaX2

**493 pav. a** https://www.mineralatlas.eu/VIEWmaxFULL.php/param/1294500568-Hafnon.jpg

**b** https://www.assignmentpoint.com/science/geographic-minerals/hafnon-properties-and-occurrences.html

**494 pav. a** https://www.albmaterials.com/knowledge/blog/hafnium-carbide-for-sale.html

**b** https://static.educalingo.com/img/en/800/control-rod.jpg

**c** https://www.careerride.com/image/Dec/2016/hafnium-carbide.jpeg

**d** https://www.aemproduct.com/refractory-materials/hafnium-alloy.html

**e** https://www.techmagazines.net/global-steel-casting-market-trends-analysis-2020/

**495 pav. a** https://www.chemistrylearner.com/wp-content/uploads/2018/03/Tantalum.png

**c** https://www.chemistrylearner.com/wp-content/uploads/2018/03/Tantalum-Pictures.jpg

**496 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/Anders_Gustaf_Ekeberg.jpg

**b** https://1.bp.blogspot.com/-QE_bIPkdfug/WjuewjXheeI/AAAAAAAAU2o/KXUh483wRbQ6rOsOvlJqATU0w1bnM3NLwCLcBGAs/s1600/Tantalo-3.jpg

**497 pav. a** https://i.pinimg.com/564x/6c/84/3c/6c843c930244be3451bf9c16b35ff174.jpg

**b** https://sites.google.com/site/coltanandthecongo/

**498 pav. a** http://www.lamptech.co.uk/Images/IN%20Lamps/IN%20TA%20Siemens%20Double%20Cage.jpg

**b** http://m.lt.sita-titanium.com/uploads/202022203/tungsten-foil39325677056.jpg

**c** https://www.sputtertargets.net/wp-content/uploads/2018/05/niobium-crucible-1.jpg

**d** https://www.edge-techind.com/Products/Refractory-Metals/Tantalum/Machined-Tantalum/Tantalum-Crucible-Ta-Crucible--165-1.html

**499 pav. a** https://cdn.investingnews.com/app/uploads/2015/07/512px-Tantalum_capacitors-2-250x167.jpg

**b** https://cdn11.bigcommerce.com/s-8aede/images/stencil/480x420/products/612/5239/50mm_Tungsten_Scraper_Blades__24321.1491784928.jpg?c=2

**c** https://www.globenewswire.com/news-release/2015/06/23/1070092/0/en/Anomet-Platinum-Clad-Tantalum-Wire-Designed-for-Implantable-Medical-Devices.html

**d** https://tantalumta.weebly.com/uses-today.html

**e** https://static.wixstatic.com/media/df9b30_4d75e62ab0da47229216c0aa7e5f4d65~mv2.png/v1/fill/w_896,h_236,al_c,q_85,usm_0.66_1.00_0.01/df9b30_4d75e62ab0da47229216c0aa7e5f4d65~mv2.webp

**f** https://edu.glogster.com/glog/tantalum/25pu7x0hafa

**500 pav. a** https://www.tungsten.com/wp-content/uploads/2019/05/tungsten.png

**c** https://www.chemistrylearner.com/wp-content/uploads/2018/08/Tungsten-Metal.jpg

**501 pav. a** http://quimicaespanola.weebly.com/uploads/5/0/9/1/50912859/832858022.jpg

**b** https://alchetron.com/cdn/fausto-elhuyar-36515b00-d501-4dd1-8981-f3e74047ee7-resize-750.jpeg

**c** http://www.jgiesen.de/briefmarken/116/elhuyar.jpg

**502 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6b/Wolframiteportugal3.jpg

**b** https://www.fabreminerals.com/LargePhoto.php?FILE=Scheelite-JB70X9f.jpg&LANG=ES

**c** https://www.dakotamatrix.com/images/products/ferberite19303a.jpg

**d** https://nationalgemlab.in/hubnerite/

**e** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fc/Stolzite-t07-25b.jpg

**f** http://webmin.mindat.org/specimens/photos/PG2MS/233-27.jpg

**503 pav. a** https://www.refractorymetal.org/wp-content/uploads/2019/07/Application_Of_Tungsten_And_Tungsten_Alloys-2.png

**b** https://www.refractorymetal.org/wp-content/uploads/2018/11/Tungsten_Alloy.png

**c** http://tungsten-uses.com/pic/tungsten-alloy-2.jpg

**d** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/25/Tungsten_filament_in_halogen_lamp.JPG

**e** https://www.odora.eu/wp-content/uploads/2014/08/EDISON-%C5%BEiarovka-SPIRAL-3-450x450.jpg

**f** https://sc01.alicdn.com/kf/HTB18.zBHFXXXXXAaXXXq6xXFXXXq.jpg_350x350.jpg

**504 pav. a** https://i.pinimg.com/564x/31/d9/50/31d950c4e555d078af84dae096557482.jpg

**b** https://i2.wp.com/jayxray.com/wp-content/uploads/2019/09/rotating-anode.png?resize=795%2C385&ssl=1

**c** https://www.gulmay.com/wp-content/uploads/2018/04/unipolar-160kv-x-ray-tubes.png

**e** https://malvern.ssl.cdn.sdlmedia.com/636594023068758871XV.jpg

**505 pav. a** https://i0.wp.com/www.ecstasycoffee.com/wp-content/uploads/2016/06/Rhenium.jpg?resize=750%2C670

**c** https://blogpictures.99.co/Rhenium-e.jpg

**506 pav.** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Masataka_Ogawa.jpg

**507 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/CFM56_P1220759.jpg

**b** https://www.chemistryworld.com/podcasts/rhenium/3005925.article

**c** http://rhenium.com/

**d** http://rhenium.com/

**e** https://c7.alamy.com/comp/2C2P7P0/
jet-engine-inside-jet-turbine-internal-structure-2C2P7P0.jpg
**f** https://www.researchgate.net/profile/Claudio-Terraza/publication/225345742/figure/fig1/AS:905969550757888@1593011381419/Structure-of-the-rhenium-compound-employed-in-styrene-polymerization-Tricarbonylbromo.png

**508 pav. a** https://blog.hardydiagnostics.com/wp-content/uploads/2020/10/ruthenium-image-for-blog.jpg
**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/80/Osmium_cluster.jpg

**509 pav.** https://www.ecured.cu/images/2/21/1330015957225.jpg

**510 pav.** Nuotrauka ir paveikslas iš autoriaus asmeninio archyvo

**511 pav. a** https://hunting4gold.com/wp-content/uploads/2011/10/800px-Platinum_nuggets2.jpg
**b** http://nobel.scas.bcit.ca/resource/ptable/ptblegif/pt.gif

**512 pav. a** https://i.pinimg.com/564x/26/a3/62/26a3623033d47084b1d9bc1b93e12c3d.jpg
**b** https://www.hponyjp.com/index.php?main_page=product_info&products_id=22059
**c** https://theodoregray.com/Periodictable/Elements/076/index.s12.html#sample1

**513 pav. a** https://www.polysciences.com/default/osmium-tetroxide-4-solution-20-x-2ml
**b** https://sciencemagic.ru/wp-content/uploads/2009/10/Os.jpg
**c** https://scienceillustrated.com.au/blog/science/fingerprints-can-now-be-taken-from-fabric/
**d** https://leelofland.com/wp-content/uploads/2018/05/color-prints.jpg
**e** https://figshare.com/articles/figure/_Osmium_tetroxide_staining_in_each_group_/738314

**514 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a8/Iridium-2.jpg
**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/Iridium2.jpg

**515 pav. a** https://georgiaplomeruca.files.wordpress.com/2017/11/db49fb4f38fb97d7b2a5e5c792c31302.jpg
**b** https://orderwhitemoon.org/goddess/Iris/Iris_MysticA.jpg

**516 pav. a** https://cdn.shopify.com/s/files/1/0022/0718/7055/products/ignition-ngk-iridium-ix-spark-plugs-1_1200x.jpg?v=1569250354
**b** https://kunjaniridium.weebly.com/uploads/2/6/6/4/26643666/8141822_orig.jpg
**c** https://2.imimg.com/data2/IN/BY/MY-1522521/platinum-iridium-electrodes-1000x1000.jpg
**d** https://www.eleparts.co.kr/data/EPX/498/6K/130913183210680839ed6a3b07548533.jpg
**e** https://www.springer.com/gp/book/9783030690823

**517 pav. a** https://www.researchgate.net/publication/303530489/figure/fig3/AS:626615516151814@1526408189858/Figura-3-Unidades-de-medida-para-massa-comprimento-e-volume-no-Escritorio-Internacional.png

**b** https://4a5fjy1q6t1ejxr0z4cpek9d-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2020/09/bars-of-iridium.jpg

**c** https://images.immediate.co.uk/production/volatile/sites/4/2018/09/MassStandards_005-0142575.jpg?webp=true&quality=90&crop=38px%2C134px%2C4325px%2C1861px&resize=940%2C399

**518 pav. a** https://firstnationalbullion.com/wp-content/uploads/2020/11/Platinum.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6a/Platinum-nugget.jpg

**519 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b6/Almirante_Antonio_de_Ulloa.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/60/Pierre-Fran%C3%A7ois_Chabaneau_%281754-1842%29.jpg

**520 pav. a** https://i1.wp.com/zhazhdazolota.ru/wp-content/uploads/2018/12/Mestorozhdeniya-palladiya.jpg

**b** ttps://www.mining-technology.com/projects/marikana-platinum-mine-rustenburg-south-africa/

**c** https://farm3.static.flickr.com/2348/3530049573_2f86f5384f_b.jpg

**521 pav. a** https://muahangdambao.com/wp-content/uploads/2021/02/nuoc-cuong-toan-la-gi-01.jpg

**b** https://www.alibaba.com/showroom/hexachloro.html

**522 pav. a** https://gobdp.com/wp-content/uploads/2017/07/catalytic_converter_repair-377x300.jpg

**b** https://www.thenaturalsapphirecompany.com/education/additional-precious-metals-information/catalytic-converter/

**c** https://www.daraz.com.bd/products/organic-fertilizer-biochar-i128052376.html

**d** https://www.abc.net.au/science/basics/img/catalytic-converter.jpg

**523 pav. a** https://pim-resources.coleparmer.com/product/xs/platinum-crucibles-48327-48327.jpg

**b** https://en.numista.com/catalogue/photos/australie/5f75aff11eda20.65519593-original.jpg

**c** https://www.hogentogler.com/electrodes/orp-redox-electrodes.asp

**d** https://auksogija.lt/grandineles/9151-platinos-kolje-giloy-su-023-ct-709531.html

**e** https://cdn.shopify.com/s/files/1/1525/2686/products/princessa-ring-1.jpg?v=1487409076

**f** http://s3.weddbook.com/t4/2/3/4/2342595/comfort-fit-wedding-band-platinum-ring-unisex-ring-wedding-ring-platinum-wedding-band-men39s-band-mens-ring-wide-wedding-band.jpg

**524 pav. a** https://www.acanceresearch.com/articles-images/Cancer-Research-Molecular-Cisplatin-4-2-83-g001.png

**b** https://campaignforbetterhearing.ca/2018/05/can-cisplatin-cause-permanent-hearing-loss/

**525 pav. a** https://fm.cnbc.com/applications/cnbc.com/resources/img/editorial/2012/11/29/100259160-gold_bars_1_gettyp.1910x1000.jpg?v=1361390595

**c** https://www.youtube.com/watch?v=oXD9wT5tZro

**526 pav. a** https://lt.hydroponicsbc.com/8330-how-to-change-ava-in-tick-tok-instructions-for-begin.html

**b** https://fineartamerica.com/featured/eos-mary-evelyn-pickering-de-morgan.html?product=art-print

**c** https://www.lovely0smile.com/Msg-7606.html

**d** https://p2.piqsels.com/preview/378/257/251/clouds-dawn-daylight-dusk.jpg

**527 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/25/Hantaro_Nagaoka.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/59/HantaroNagaoka.jpg

**528 pav. a** https://foto.kontan.co.id/gQUsCfQhu8XQ7F_MLEDEg9EQIPU=/smart/2015/12/01/1142845786p.jpg

**b** https://cdn.climatechangenews.com/files/2016/07/Kalgoorlie_gold_mine_Australia_800.jpg

**c** https://www.miningfrontier.com/wp-content/uploads/gold/3839/barrick-nevada.jpg

**529 pav. a** https://www.ametek-ecp.com/-/media/ametek-ecp/v2/images/componentsandwire/gold-bond-wire.jpg?la=en&revision=e8857a54-0dfd-42ba-aab1-f88aa3788eda&hash=3D771C1A71CCC2545F468E90EBB3EBC2

**b** https://needlework.craftgossip.com/giveaway-gold-threads/2010/12/10/

**c** https://image.pngaaa.com/301/457301-middle.png

**d** https://goldhouse.org/wp-content/uploads/2020/12/gold-texture-background5_low.jpg

**530 pav. a** https://www.24newshd.tv/digital_images/large/2020-07-16/gold-price-per-tola-breaks-all-time-record-1594903939-9366.jpg

**b** https://www.mediakatalogas.lt/nuotrauka/170353/auksas-sidabrine-ing-aukso-luitai-aukso-juosta-aukso-luitas-turtingas-pinigai-metalas

**c** https://images.assettype.com/freepressjournal%2Fimport%2F2015%2F09%2FGold.png?w=750&dpr=1.0

**531 pav. a** https://png.pngitem.com/pimgs/s/339-3397772_free-png-gold-jewelry-png-images-transparent-gold.png

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/Liberty_%2450_Obverse.png

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/70/Gold-plated_electrical_connectors.jpg

**d** https://www.bellevuerarecoins.com/wp-content/uploads/jc.gif

**e** http://s3.amazonaws.com/traetelothumbs/168/AMB00KA4UPBK.jpg

**f** https://www.pngfind.com/pngs/m/671-6715440_gold-medal-hd-png-download.png

**g** https://cdn.entries.clios.com/styles/clio_aotw_ems_image_details_retina/s3/tb/CLIOSPORTS/media/2014/design/jpg/901410497_6.jpg?itok=ZZy5fIq8

**h** https://knnindia.co.in/news/newsdetails/sectors/traders-welcome-the-extension-of-hallmarking-of-gold-jewellery

**532 pav. a** https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2FBF03215464.pdf

**b** https://ipfs.io/ipfs/QmQP99yW82xNKPxXLroxj1rMYMGF6Grwjj2o4svsdmGh7S/out/I/m/Auranofin-2D-skeletal.png

**c** https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/157201?lang=en&region=LT

**d** https://mksl-prod-ba0942bc-6026-44fa-86f1-194338c054f3.storage.googleapis.com/s3fs-public/styles/article_hero/public/field/image/gold%20pills.jpg?itok=q0XvSg-l

**e** https://www.medicalnewstoday.com/articles/318680

**533 pav. a** https://alcooldijon.fr/161-large_default/champagne-luxor-brut-75cl.jpg

**b** https://imgmediagumlet.lbb.in/media/2018/04/5ace326c317c7c49cb54eacf_1523462764726.jpg?fm=webp&w=750&h=500&dpr=1

**c** https://luxfood.pl/upload/photos/16575.jpg

**d** https://media.luxhabitat.ae/journal/c4d4c19a81ba75cfb366266795bc2e70_mod_original.jpg

**e** https://images.herzindagi.info/image/2020/Nov/vark-1.jpg

**534 pav. a** https://5.imimg.com/data5/AP/JC/MY-47646714/mercury-element-500x500.png

**c** https://www.dw.com/en/just-how-dangerous-is-mercury-anyway/a-16522491

**535 pav. a** **h**ttps://i.pinimg.com/564x/10/9d/e8/109de89a95c531a572f1272b6b11bbb2.jpg

**b** https://i.pinimg.com/564x/2b/06/30/2b0630fa762760761c1611fb21171741.jpg

**c** https://mk0astronomynow9oh6g.kinstacdn.com/wp-content/uploads/2016/08/Mercury_in_false_colour_Caloris_basin_1163x872.jpg

**536 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/Cinnabar.jpg

**b** https://i.ebayimg.com/images/g/4PUAAOSwclFeULvq/s-l500.jpg

**537 pav. a** https://thisbuildis.com/f/fd/8b/fd8b85e03c214312e83a7289fbc3660d.jpg

**b** https://i5.walmartimages.com/asr/8f090355-e903-4b93-befc-00775cb22bec_1.68c67eca2e6aa4f7b2effa78d6906255.jpeg?odnWidth=612&odnHeight=612&odnBg=ffffff

**c** http://i2.hdslb.com/bfs/archive/8a3a9ecc9f2cf495bc41c4be9b3e762af89026de.jpg

**d** https://www.zhihu.com/question/357986310

**e** https://5.imimg.com/data5/YR/TW/MY-57865635/mercury-thermometer-500x500.jpg

**f** http://lt.fr-khmedical.com/diagnostic-apparatuses/blood-pressure-monitor/

**538 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/68/Hutchinsonite-169844.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1e/Thulium_sublimed_dendritic_and_1cm3_cube.jpg

**539 pav. a** https://alchetron.com/cdn/william-crookes-90b1ff35-7bef-4d8d-b49b-4086b20d795-resize-750.png

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/Claude-Auguste_Lamy.jpg

**540 pav. a** https://www.mindat.org/gm/1159

**b** http://trinityminerals.com/spring09/100_0262.jpg

**c** https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lorandite,_Realgar-468096.jpg

**541 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/36/Rattenkoederbox_4521.jpg/640px-Rattenkoederbox_4521.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/94/Fire_ants_01.jpg

**c** http://www.vetvila.lt/sites/default/files/styles/large/public/nuotraukos/straipsniai/2013/2013-06/1/ziurkes3.jpg?itok=2oruwH9o

**542 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/Refraction_photo.png

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/LDR_1480405_6_7_HDR_Enhancer_1.jpg

**c** https://reader015.vdocuments.net/reader015/html5/0728/5b5c79879d157/5b5c79924477b.jpg

**543 pav. a** https://drthurstone.com/wp-content/uploads/2013/08/lead_1.jpg

**c** https://periodictable.com/Items/082.33/index.html

**544 pav. a** https://pocketrome.files.wordpress.com/2014/04/pipe.jpg

**b** https://www.waterworld.com/water-utility-management/article/16224097/pa-american-water-to-replace-customerowned-lead-service-lines#&gid=1&pid=1

**c** https://www.earthmagazine.org/article/romes-lead-water-pipes-likely-not-health-risk/

**d** https://medusa-art.com/media/catalog/product/cache/1/image/501x/17f82f742ffe127f42dca9de82fb58b1/a/n/ancient-roman-lead-figure-of-eros_m2958_1_.jpg

**e** https://www.reddit.com/r/OakIsland/comments/n0x8hm/similar_lead_seals/

**545 pav. a** https://geology.com/minerals/photos/galena-argentiferous-545.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/24/Boulangerite-uri-41a.jpg/440px-Boulangerite-uri-41a.jpg

**c** https://worldofminerals.webnode.cz/images/200000084-6e1876f119/Anglesite.jpg

**d** https://www.rockcollector.co.uk/infocus/graphics/cerusite.jpg

**546 pav. a** https://www.bateris.lt/uploads/images/Gallery/Metalo_galerija/svino_ploksteles.jpg

**b** https://akb-restart.ru/cache/preview/c8e070c07f3bad90c8d87d8ddc02dec3.jpg

**c** https://ecocycle.com.au/battery-waste-recycling-recovery/

**547 pav. a** J. Senvaitienė. Kultūros objektų charakterizavimas ir cheminių konservavimo procesų jų degradacijai tyrimas. Vilniaus universitetas, Vilnius, Lietuva, 2006, 105 p.

**b** J. Senvaitienė. Kultūros objektų charakterizavimas ir cheminių konservavimo procesų jų degradacijai tyrimas. Vilniaus universitetas, Vilnius, Lietuva, 2006, 105 p.

**548 pav. a** https://www.amaco.com/products/glaze-o-42-moss-green

**b** http://www.pottery-on-the-wheel.com/pottery-glazes.html

**c** http://www.fm99.lt/vyksta-rutos-indrasiutes-keramikos-darbu-paroda/

**d** https://www.crockerfarm.com/photos/2011-10-29/9483.0.webp?v=1

**e** https://poshmark.com/listing/Vintage-red-stoneware-coffee-mug-drip-glaze-cup-5ee40664d737fd1f63e94f87

**f** https://www.heathceramics.com/blogs/heath-journal/glaze-finish-and-texture

**549 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/Lead_shielding.jpg

**b** http://www.aronsk.no/wp-content/uploads/2021/03/Blyammunisjon.jpg

**c** https://depositphotos.com/12242693/stock-photo-organ-tubes.html

**d** https://www.powerandcables.com/lead-wiping-cables/

**e** https://www.nuclead.com/images/caulk_420x280.jpg

**f** http://www.ship-2-shore.com.au/salt-water-resistant/ship-2-shore-sailboats-salt-water-resistant.jpg

**g** https://www.nuclead.com/appshome/

**h** https://www.nuclead.com/leadshotapps/

**i** https://www.nuclead.com/images/brickblock_420x280.jpg

**j** https://www.pbs.org/wgbh/nova/pisa/interventions2.html

**k** https://smhttp-ssl-60380.nexcesscdn.net/media/catalog/product/optimized/e/4/e4133d3f5c4c1fd0eb5b8608b3a6540c/sw_437-54_2.jpg

**l** https://s8.pik.ba/galerija/2017-09/24/08/slika-1115070-59c7fd4bca199-velika.jpg

**m** https://www.exportersindia.com/product-detail/red-lead-oxide-powder-5265399.htm

**550 pav. a** https://m.media-amazon.com/images/I/61JtFtph7sL._AC_SL1001_.jpg

**c** https://www.umicore.com/storage/group/sized/59-pr-praseodymium-1150x764-575x382x0.5x0.5.jpg?1589360373

**d** https://theodoregray.com/periodictable/Elements/083/index.s15.html#sample4

**551 pav. a** https://www.dakotamatrix.com/mineral-galleries/archived?name=Bismuthinite

**b** https://www.dakotamatrix.com/images/products/bismite30119a.jpg

**c** https://m.media-amazon.com/images/I/71bRCwWuAaL._AC_SL1001_.jpg

**d** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a5/Tetradymite_w-_bismuthinite_in_quartz_Bismuth_tellurium_sulfide_Silver_Spoon_Mine_Darwin_District_Inyo_County_California_1821.jpg

**552 pav. a** https://www.chuckhawks.com/kent_bismuth_shells.jpg

**b** https://www.amazon.com/PEPTO-BISMOL-Liquid-Size-12-OZ/dp/B000GCLEQG

**c** https://www.tradeindia.com/products/bismuth-subsalicylate-c1179225.html

**d** https://estag.fimagenes.com/imagenesred/2472054_1.jpg?1

**e** https://www.apvfilms.com/images/products/739.jpg

**f** https://2.wlimg.com/product_images/bc-full/dir_112/3343851/bismuth-oxide-for-ayurvedic-formulation-1534135.jpg

**g** https://grapfire.com/img/Upright-Sprinkler.png

**h** https://www.koolatron.com/ca/content/images/thumbs/0000168_voyager-p27-thermoelectric-iceless-12v-cooler-warmer-275-l.jpeg

**553 pav. a** https://internacional.estadao.com.br/blogs/radar-global/wp-content/uploads/sites/136/2016/01/Min%C3%A9rio-de-ur%C3%A2nio-Pechblenda-de-onde-se-obt%C3%A9m-o-Pol%C3%B4nio.jpg

**554 pav. a** https://www.alamy.com/stock-photo-marie-curie-the-nobel-prize-winning-scientist-marie-sklodowska-curie-171982756.html

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/db/Pierre_Curie_by_Dujardin_c1906.jpg

**c** https://en.wikipedia.org/wiki/File:Pierre_and_Marie_Curie.jpg

**d** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Pierre_Curie_%281859-1906%29_and_Marie_Sklodowska_Curie_%281867-1934%29%2C_c._1903_%284405627519%29.jpg

**555 pav.** https://www.slideshare.net/mrcoyleteach/radioactive-decay-honors

**556 pav. a** https://slideplayer.com/slide/9842432/

**b** https://slideplayer.com/slide/15003209/

**557 pav. a** https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-0f08806e975f2e8b9a464cecc39ece34.webp

**c** https://images-of-elements.com/astatine.jpg

**558 pav. a** https://www.rsc-cdn.org/www.rsc.org/periodic-table/content/Images/Elements/Radon-L.jpg?6.2.65

**559 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cf/DORN_Friedrich_Ernst.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6e/Ernest_Rutherford_LOC.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/Robert_Bowie_Owens.jpg

**560 pav. a** https://www.andiumhomes.je/wp-content/uploads/radon-1.jpg

**b** https://img.milli.az/2018/03/15/radon_qazi.jpg

**c** https://4cornershomeinspect.com/services

**561 pav. a** https://www.cdc.gov/niosh/pgms/worknotify/fernald.html

**b** https://image.slidesharecdn.com/formationradonsept2013-131001082943-phpapp02/95/formation-radon-sept-2013-4-638.jpg?cb=1380616437

**562 pav.** Autoriaus dalinai sukurtas paveikslas

**563 pav. a** https://www.smart-elements.com/wp/wp-content/uploads/2019/07/Edelset800x600.jpg

**b** https://www.thoughtco.com/thmb/Neeg2jzpIvUicrxl7-eO_LFhD9Q=/600x0/filters:no_upscale():max_bytes(150000):strip_icc():format(webp)/radon-58b5e2253df78cdcd8e9eede.jpg

**564 pav. a** https://www.airthings.com/hs-fs/hubfs/Imported_Blog_Media/radon-detector-5.png?width=1000&height=571&name=radon-detector-5.png
**b** https://4evaidrg3wj26w4ml1bpc9el-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2018/11/14313440_web1_181115-CAN-radonfile.jpg
**c** https://www.norsat.no/produkt/radon-gass-maler-alarm/
**565 pav. a** https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-3a96d8bc11b365cfc0ef50e36fa58b3c
**c** https://elements.vanderkrogt.net/element.php?sym=Fr
**566 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/0/09/Marguerite_Perey.jpg
**b** https://twitter.com/mujerconciencia/status/995604604946706432?lang=fa
**567 pav. a** https://i2.wp.com/upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/Radium226.jpg?resize=321%2C257&ssl=1
**c** http://elementmania.weebly.com/uploads/5/4/9/9/54999595/7078383.jpg?269
**568 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/Curie_and_radium_by_Castaigne.jpg
**b** https://sites.google.com/site/teambuddahii/marie-curie
**569 pav. a** https://plus.rozhlas.cz/sites/default/files/images/03436647.jpeg
**b** https://i.pinimg.com/564x/e9/dc/92/e9dc929b7ba89648bc03ba6db5740f9d.jpg
**570 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Radium_Dial.jpg
**b** https://gp1.wac.edgecastcdn.net/802892/http_public_production/artists/images/2069936/original/crop:x0y0w1125h1125/hash:1467249179/resize:400x400/1366981022_Radium-Logo---The-New-Ouch---No-Text-New.jpg?1467249179
**c** https://cpimg.tistatic.com/01163755/b/4/green-radium.jpg
**d** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/41zhTFo-G7L._AC_.jpg
**571 pav. a** https://www.oncozine.com/wp-content/uploads/2017/03/817-Bone_scan_Radium223.jpg
**b** https://f.ptcdn.info/026/034/000/1438496986-chestxray-o.jpg
**c** https://survinat.com/wp-content/uploads/2018/11/radioactive-products-of-the-last-century_8_1.jpg
**572 pav. a** https://study.com/cimages/multimages/16/actinium.jpeg
**c** https://www.schoolmykids.com/tools/static/images/elements/actinium.jpg
**573 pav. a** https://conceptoabc.com/wp-content/uploads/2020/12/Andre-Louis-Debierne-224x300.png
**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/dc/Prof._Dr._Friedrich_Giesel.jpg/260px-Prof._Dr._Friedrich_Giesel.jpg
**574 pav. a** http://msrblog.com/assign/wp-content/uploads/2020/03/Actinide-1.jpg
**b** http://www.chem4kids.com/files/art/elem_actinide1.png
**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ed/Portrait_de_Charles_Janet_vers_1925.jpg

**d** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/47/Glenn_Seaborg_-_1964.jpg

**575 pav. a** https://www.bnl.gov/today/body_pics/2017/03/figure-1-355px.jpg

**b** https://trustmyscience.com/wp-content/uploads/2018/11/definition-neutron-1024x576.jpeg

**576 pav. a** https://cdn.thinglink.me/api/image/760960639966380034/1240/10/scaletowidth

**c** https://scx1.b-cdn.net/csz/news/800a/2012/thorium.jpg

**577 pav. a** http://logos-lt.com/index.php/Vaizdas:Thor%27s_Fight_with_the_Giants_(M%C3%A5rten_Winge)_-_Nationalmuseum_-_18253.tiff

**b** https://filipepassoscoelho.files.wordpress.com/2014/06/20131207130849thor9.jpg?w=500

**578 pav. a** https://www.crystal-treasure.com/images/product_images/popup_images/mj03-197-2.jpg

**b** https://wikiita.com/logo_webp/1046036.webp

**c** https://www.facebook.com/Smail.Hammadi88/photos/pcb.297651984229787/297651640896488/?type=3&theater

**d** https://nationalgemlab.in/thorite/

**579 pav. a** https://chemicool.com/elements/images/300-thorium-rod.jpg

**b** https://theodoregray.com/periodictable/Samples/090.9/s15s.JPG

**c** https://www.orau.org/ptp/collection/consumer%20products/mantleboxes.jpg

**d** http://4.bp.blogspot.com/-4k3th2NuJMk/UE3NY6flBEI/AAAAAAAASxw/Ym1VeECQMZE/s1600/ScreenShot332.bmp

**e** http://www.hpconsulting.pro/news/2019/3/16/leading-with-resilience-part-two-of-three

**580 pav. a** https://ia.eferrit.com/ia/f1194c93fa0c34bf-1024x682.png

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/id/0/05/Protactinium.jpg

**581 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fc/Kazimierz_Fajans.jpg

**b** https://universitystory.gla.ac.uk/images/UGSP00999.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/Frederick_Soddy.jpg

**d** https://media.wired.com/photos/593467a9fbdfa3763bab760c/master/w_2560%2Cc_limit/lise_meitner.jpg

**582 pav. a** http://wallstreetdaily.com/wp-content/uploads/2013/03/uranium2.jpg

**c** **h**ttps://periodictable.com/Elements/092/index.html

**583 pav. a** http://4everstatic.com/imagenes/850xX/animados/urano,-galaxia-238966.jpg

**b** https://mitologiayleyendas565664901.files.wordpress.com/2018/01/urano2.jpg?w=1400&h=9999

**c** https://spark.adobe.com/a/YNeyV/images/4BA98D83-92D3-473A-A154-B800B81760A7.jpg

**584 pav. a** https://www.mindatnh.org/Uraninite%20Gallery.html

**b** https://en.wikipedia.org/wiki/Uraninite

**c** https://images.donationletterfundraising.com/img/science/2/uraninite-mineral.jpg

**585 pav. a, b** http://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.0pq1CNqrYItcSTKq5OPpvAHaFY

**c** https://cdn.shopify.com/s/files/1/0067/6465/8806/files/vaseline-glass-on_medium.jpg?v=1529790109

**d** https://www.power-technology.com/news/iaea-nuclear-power-a-key-component-of-a-low-carbon-future/

**e** https://miro.medium.com/max/700/0*1vcXvcgXt8dLpg41.jpg

**f** https://images02.military.com/sites/default/files/styles/full/public/2019-10/Chrysler-TV-8-2.jpg?itok=UOnhm_OW

**g** https://gamingballistic.com/2016/02/29/reloading-press-762x39/

**h** https://image.bangkokbiznews.com/kt/media/image/fileupload1/source/159912839858.jpg?1599128399742

**586 pav. a** http://gotexassoccer.com/elements/093Np/Np.htm

**587 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/8/86/Edwin_McMillan_Nobel.jpg

**b** https://cdn.britannica.com/46/162946-004-407306BD/Philip-Hauge-Abelson.jpg

**c** https://previews.agefotostock.com/previewimage/medibigoff/eeb03d1a266722132fa3f9675c79f57b/ehh-hisl039-ec582.jpg

**588 pav.** https://g1.dcdn.lt/images/pix/neptunas-nasa-jpl-nuotr-74006706.jpg

**589 pav. a** https://theodoregray.com/periodictable/Samples/094.x1/index.s15.html

**590 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/47/Glenn_Seaborg_-_1964.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6d/Joseph_W._Kennedy_Los_Alamos_ID.png

**c** http://snakeroot.net/whs/yearbook/WahlThomas.jpg

**591 pav.** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7e/Nh-pluto-in-true-color_2x.jpg

**592 pav.** http://www.aetherwavetheory.info/backup/chemie1/plutonium_in_solution.jpg

**593 pav. a** http://mokslolietuva.lt/wp-content/uploads/2017/07/atomine_bomba.png

**b** https://media-cldnry.s-nbcnews.com/image/upload/t_fit-2000w,f_auto,q_auto:-best/newscms/2020_32/3403027/200807-nagasaki-ruins-1945-ew-518p-3403027.jpg

**594 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/16/Calder_Hall_nuclear_power_station_%2811823864155%29.jpg/440px-Calder_Hall_nuclear_power_station_%2811823864155%29.jpg

**b** https://www.flickr.com/photos/mark6mauno/11374698284/in/photostream/

**c** https://static.turbosquid.com/Preview/2014/07/10__15_41_17/mmrtg_main.jpg04cffbe3-ac73-43a9-b8fe-656d4206b8e1Zoom.jpg

**d** https://media.sciencephoto.com/image/t1680030/800wm/T1680030-Using_Geiger_counter_to_check_safety_in_lab.jpg

**595 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ee/Americium_microscope.jpg

**596 pav. a** http://canov.jergym.cz/objevite/objev/mor_soubory/Morgan.jpg

**b** https://www.gf.org/wp-content/uploads/2014/07/Ralph-A.-James-1955_250x250.jpg

**c** https://en.wikipedia.org/wiki/File:Albert_Ghiorso_ca_1970.jpg

**597 pav.** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/d/dc/Americium.jpg

**598 pav. a** https://study.com/cimages/multimages/16/66c2cf15-833f-4255-8d17-2a3abc8d4b47_585px-residential_smoke_detector.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/23/InsideSmokeDetector.jpg

**599 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/6/69/Curium.jpg

**600 pav. a** https://farm6.staticflickr.com/5522/9295182036_fd6587fe3d_o.jpg

**b** https://www.chemicool.com/elements/images/300-curium-apxrs.jpg

**601 pav. a** https://www.rsc.org/periodic-table/element/97/berkelium

**c** https://www.schoolmykids.com/tools/static/images/elements/berkelium.jpg

**602 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f5/Stanley_Thompson_NARA-7665586.jpg

**b** PROCEEDINGS of the SYMPOSIUM COMMEMORATING THE 25th ANNIVERSARY OF ELEMENTS 97 AND 98 held on January 20, 1975. Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Berkeley, California 94720

**603 pav. a** https://news.berkeley.edu/wp-content/uploads/2018/08/students-walking-on-campus-750.jpg

**b** https://www.ticati.com/hotel/the-berkeley-city-club-570095/

**604 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/Californium.jpg

**605 pav. a** https://scitechdaily.com/images/Scientists-Discover-New-Magnetic-Phase-in-Iron-Based-Superconductors.jpg

**b** https://californium.weebly.com/uses.html

**c** https://d32ogoqmya1dw8.cloudfront.net/images/research_education/geochemsheets/techniques/uml_inaa_laboratory.jpg

**d** https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-642-13271-1_30

**e** http://www.cas.cn/kx/kpwz/201804/W020180416496135077899.jpg

**f** http://michalrawlik.blogspot.com/2013/04/neutron-radiography.html

**g** https://bellharig.com/wp-content/uploads/2020/03/Sewer-Inspection-Water-pipe-Xray.jpg

**h** http://qzteco.com/admin/ewebeditor/uploadfile/20191024215349635.jpg

**606 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/55/Einsteinium.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a3/EinsteiniumGlow.JPG

**607 pav.** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/78/Einstein1921_by_F_Schmutzer_4.jpg

**609 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d4/Enrico_Fermi_1943-49.jpg

**b** https://i1.wp.com/periodic-table.com/wp-content/uploads/2019/01/Fermium.jpg?w=225&ssl=1

**610 pav. a** https://images-of-elements.com/s/mendelevium.jpg

**611 pav. a** https://cache.legacy.net/legacy/images/cobrands/tallahassee/photos/TAD027313-1_20151023.jpgx?w=285&h=400&option=3

**b** https://www.eduspb.com/public/img/biography/h/harvey_b.jpg

**612 pav.** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8f/Dmitri_Mendeleev_1890s.jpg

**614 pav. a** https://www.nibbi.com/wp-content/uploads/2011/06/Lawrence-Berkeley-National-Laboratory-Bldg.-50-74_1.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b8/Physikum_Stockholm.jpg

**c** https://c7.alamy.com/comp/B9BP2C/the-united-nuclear-research-institute-synchophasotron-dubna-moscow-B9BP2C.jpg

**615 pav. a** https://c7.alamy.com/comp/HRKNA6/alfred-nobel-swedish-chemist-and-inventor-HRKNA6.jpg

**b** https://akm-img-a-in.tosshub.com/indiatoday/images/story/201610/nob1_647_102116123251.jpg?size=770:433

**617 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b1/96904536.thumb3.jpeg/440px-96904536.thumb3.jpeg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6a/Ernest_Lawrence.jpg

**c** https://chem.ru/uploads/posts/2020-01/1578390046_lourensij.jpg

**d** https://cdn.britannica.com/05/19605-004-7761AFD1/Ernest-Orlando-Lawrence-cyclotron-1931.jpg

**619 pav. a** https://www.thoughtco.com/thmb/ND8UexgaCnqhuoH3YlCPBXLwxwI=/768x0/filters:no_upscale():max_bytes(150000):strip_icc():format(webp)/rutherford1-56a129395f9b58b7d0bc9da1.jpg

**b** https://cdn.britannica.com/76/22476-050-3F3FF217/model-Diagram-Rutherford-atom-nucleus-space-electrons.jpg

**c** https://en.wikipedia.org/wiki/File:Ernest_Rutherford_LOC.jpg

**622 pav. a** https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/pac-2019-0816/html

**b** https://azchemistry.com/wp-content/uploads/2018/05/Glenn-Seaborg.jpg

**c** https://periodictable.com/Items/106.4/index.html

**d** https://www.sciencefriday.com/articles/origin-word-seaborgium/

**e** https://res.cloudinary.com/mel-science/image/upload/fl_progressive:steep,q_auto:good,w_700/v1/article/130/images/1058_tlvurf.jpg

**624 pav. a** https://media.sciencephoto.com/image/h4010122/800wm/H4010122-Peter_Armbruster,_German_creator_of_new_elements.jpg

**b** https://alchetron.com/cdn/gottfried-mnzenberg-520e5879-2abe-4fae-a4ca-289b9cd3def-resize-750.jpeg

**625 pav. a** https://hyperleap.com/topic/Gottfried_M%C3%BCnzenberg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5b/GSI-Darmstadt-S%C3%BCdbau.jpg

**c** https://cdn.prod.www.spiegel.de/images/bee04a53-0001-0004-0000-000001378360_w488_r1.77_fpx34.64_fpy49.98.jpg

**d** https://www.helmholtz.de/fileadmin/_processed_/3/8/csm_GSI_Luftbild_600x402_228c408a44.jpg

**626 pav. a** https://assets.sutori.com/user-uploads/image/b2ff94b5-96a9-4f22-9070-6d508acf2445/a78f3a55ff8975b5c1a9af4301f93874.jpeg

**b** https://cdn-se-ke-hs.clio.me/user_upload/3237_-_Niels_Bohr.jpg?_ga=2.33056951.826486412.1621874958-1852588481.1621874958

**628 pav. a** https://periodictable.com/Samples/108.2/s13.JPG

**b** https://alchetron.com/cdn/hassium-efcf0261-4ccd-4b3e-b533-a127df932ce-resize-750.jpeg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e6/Germany_Laender_Hessen.png/640px-Germany_Laender_Hessen.png

**d** https://www.stadtmarketing-friedberg.de/friedberg/sehensw%C3%BCrdig/adolfsturm/

**e** https://www.shutterstock.com/de/search/hessen

**630 pav. a** https://allea.org/wp-content/uploads/2021/02/Lise_Meitner.png

**b** https://images.gr-assets.com/authors/1397842487p8/4126366.jpg

**c** http://www.loreress.de/wp-content/uploads/2020/08/img_0280-1.jpg

**d** https://images.fineartamerica.com/images-medium-large-5/lise-meitner-german-chemist-science-photo-library.jpg

**e** https://i1.wp.com/periodic-table.com/wp-content/uploads/2018/12/Meitnerium.jpg?w=225&ssl=1

**632 pav. a** https://d2cbg94ubxgsnp.cloudfront.net/Pictures/480xAny/5/0/3/143503_Sigurd-Hofmann.png

**b** https://render.fineartamerica.com/images/rendered/medium/greeting-card/images/artworkimages/medium/2/peter-armbruster-and-sigurd-hofmann-david-parkerscience-photo-library.jpg

**634 pav. a** https://www.nobelprize.org/images/rontgen-13540-content-portrait-mobile-tiny.jpg

**b** http://seccombe2010.anat.org.au/files/2010/09/walter-e-hodgson-wilhelm-conrad-rontgen-german-physicist-discovered-x-rays.jpg

**c** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/60/House-of_birth_of_Wilhelm_Conrad_Roentgen.jpg

**635 pav. a** https://www.chemistryviews.org/common/images/thumbnails/source/137a3929034.jpg

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/Roentgen2.jpg

**c** https://futurenow.com.ua/wp-content/uploads/2020/03/who-invented-x-rays-200x172.gif

**d** https://www.star.le.ac.uk/~sav2/blackholes/xrays/astro.jpg

**e** https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT_lBZAB62pWXUtYSwrXzNWff1mIAmuXxwW8Q&usqp=CAU

**f** https://swansonbrycewaves-r-us.weebly.com/x-rays.html

**g** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/db/Projectional_radiography_components.jpg

**h** https://www.doopedia.co.kr/photobox/comm/community.do?_method=view&GAL_IDX=111122000808083#hedaer

**i** http://www.sharifgroupco.com/wp-content/uploads/2020/06/diagnostic-img-1.jpg

**637 pav. a** https://alchetron.com/cdn/victor-ninov-c1c3d196-dd2a-43f1-ad11-be4102d5448-resize-750.jpeg

**b** https://d2cbg94ubxgsnp.cloudfront.net/Pictures/780xany/2/4/2/143242_XBD200004-00476.jpg

**638 pav. a** https://i0.wp.com/periodic-table.com/wp-content/uploads/2018/11/Copernicium.jpg?w=225&ssl=1

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/Copernicus.jpg

**c** https://s.inyourpocket.com/gallery/212970.jpg

**d** https://benziher.files.wordpress.com/2013/09/nicolauscopernicushdwallpapers2013.jpg

**640 pav. a** https://api.time.com/wp-content/uploads/2016/06/gettyimages-502983318.jpg?w=800&quality=85

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/af/Hiroshi_Matsumoto_cropped_2_Hideto_Enyo_Kosuke_Morita_Koji_Morimoto_and_Hiroshi_Matsumoto_20161201.jpg

**641 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Riken_HQ_Main_Research_Building.jpg

**b** https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/31xh4gFbW-L._AC_.jpg

**c** https://www.pngkey.com/maxpic/u2e6y3r5w7a9i1o0/

**643 pav. a** https://hias.tamu.edu/wp-content/uploads/2019/11/yuri-oganessian.jpeg

**b** https://www.aaas.org/sites/default/files/s3fs-public/blog_media/moody_cropped_0.jpg

**644 pav. a** http://www.decoder.ru/media/pic_middle/0/946.jpg

**b** https://cdn.britannica.com/s:1500x700,q:85/63/151263-004-36AC0177/Scientists-House-offices-Joint-Institute-for-Nuclear.jpg

**646 pav. a** https://www.aidas.lt/app/webroot/uploads/userfiles/files/miestas.jpg

**b** https://twitter.com/chem13news/status/859080830894911491

**648 pav. a** https://www.bimdesigns.net/lawrence-livermore-national-laboratory

**b** https://www.diablomag.com/people-style/people/lawrence-livermore-national-lab-the-smartest-square-mile-on-earth/article_b7114244-4311-59a0-8443-e885754849ee.html

**649 pav. a** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/Robert_Livermore.jpg

**b** https://rennepubliclawgroup.com/wp-content/uploads/2018/08/City-of-Livermore-300x300.jpeg

**c** http://cityoflivermore.info/yahoo_site_admin/assets/images/img-711152742-0001.161123417_std.jpg

**651 pav. a** https://www.acgov.org/whof/img/D-Shaughnessy-small.jpg

**b** https://mk0cbrnecentrall1ixj.kinstacdn.com/wp-content/uploads/2015/05/ornl_james_roberto.jpg

**652 pav. a** https://www.energy.gov/sites/default/files/styles/full_article_width/public/2020/11/f80/ORNL_2018_2_0.jpg?itok=cW6ECucR

**b** https://www.ornl.gov/sites/default/files/styles/main_image_style/public/2008-P01679.jpg?itok=yZIq9m9u

**c** https://admissions.vanderbilt.edu/insidedores/tag/college-confidential/

**d** https://www.campusreel.org/colleges/vanderbilt-university

**e** https://i0.wp.com/www.folksopinion.com/wp-content/uploads/2016/11/Tennessee.jpg?fit=1024%2C473&amp%3Bssl=1

**f** https://www.southernenvironment.org/our-states/tennessee

**654 pav. a** https://i1.wp.com/periodic-table.com/wp-content/uploads/2018/12/Oganesson.jpg?w=225&ssl=1

**b** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/63/Yuri_Oganessian_2017_stamp_of_Armenia.jpg

**655 pav. a** http://www.chemicalgalaxy.co.uk/files_page4_1.jpg

**b** http://www.australasianscience.com.au/sites/default/files/periodic-table-chemistry.jpg

**c** https://files.stocky.ai/uploads/2019/02/image-Chemical-Elements-Abstraction-stocky-ai-7386358.jpg

**656 pav.** https://en.wikipedia.org/wiki/Systematic_element_name

NUOSTABUSIS CHEMINIŲ ELEMENTŲ PASAULIS / Aivaras Kareiva. – Vilnius: Lietuvos mokslų akademija, 2021. – 552 p.: iliustr.

Pirmą kartą informacija apie visus cheminius elementus lietuvių kalba yra susisteminta viename leidinyje. Gausiai iliustruotoje knygoje aprašomi visi 118-a šiuo metu žinomi cheminiai elementai. Skaitytojai supažindinami su jų atradimo istorijomis, paplitimu, resursais gamtoje, gavimo galimybėmis, kaštais ir svarbiausiais panaudojimo žmonijos kasdieniame gyvenime ypatumais. Vaizdingai ir intriguojančiai pasakojama apie kylančius pavojus gamtos užterštumui ir žmogaus sveikatai dėl neteisingo cheminių elementų ir jų junginių naudojimo, apžvelgiamos įdomiausios cheminių elementų savybės, susijusios su jų atradimais, socialiniais, politiniais, ekonominiais ir kultūriniais visuomenės iššūkiais.

Knygoje skaitytojas lengvai suras informaciją apie jį dominantį cheminį elementą. Tai lyg nedidelė enciklopedija ar žinynas apie cheminius elementus, iš kurių sudarytas visas mūsų Pasaulis, iš kurių esame sudaryti ir mes.

ISBN 978-609-95832-1-1

Redaktorė Zina Turčinskienė
Kalbos redaktorė Aušra Gapsevičienė
Dailininkė Miglė Datkūnaitė
Maketuotoja Regina Kunigėlienė
Techninė redaktorė Jolanta Veršickienė

Išleido Lietuvos mokslų akademija
Gedimino pr. 3, 01103 Vilnius
http//lma.lt/

Spausdino AB „Spauda“
Laisvės pr. 60, 05120 Vilnius

Tiražas 2 000 egz.