

L 642  
167

A.U. pite



*Mineralele  
pasaulului*

*Padomju zemes jaunie saimnieki, jūsu pienākums ir pazīt savas zemes dārgumus, kas izkaisīti tās milzīgajā teritorijā un slēpjas zemes dzīlēs.*

*Maksims Gorkijs*

Minerāli, milzīga mūsu zemes bagātība, atrodas visapkārt ap mums. Tikai pārāk maz mēs tos vēl pazīstam, tāpēc ikdienā reizēm paejam tiem vienaldzīgi garām, neprotam tajos saskatīt dabas vienreizējo skaistumu, pietiekami nenovērtējam to nozīmi mūsu dzīvē.

Dabā ir sastopami ap trīs tūkstoši dažādu minerālu. Tie nebūt nav tikai «pelēki akmeņi», bet daļa no tiem var pārsteigt ikvienu ar savu krāsu skaistumu, kristālu formu pareizību un dažādību. Cilvēks ir iemācījies iekarot zemes dzīles un izmantot minerālus savā labā. Bez minerāliem nav iedomājama metalurģiskā rūpniecība, celtniecība, ķīmiskā rūpniecība u. c. saimniecības nozares. Ne katram būs ienācis prātā, ka minerālus lietojam pat uzturā, proti, cilvēka organismam nepieciešamā vāramā sāls ir minerāls halīts.

Sajā darbā lasītājs iepazīsies ar minerālu īpašībām, to formu dažādību, izplatību Zemes garozā un uzzinās, cik nozīmīgi tie ir modernajā tehnikā, medicīnā un ikdienā, pārlicināsies, ka, attīstoties ķīmijai, fizikai u. c. zinātnēm, pavērsies aizvien vēl jaunas iespējas izmantot minerālus visdažādākajās tautas saimniecības nozarēs.

L 64-2  
167

Dubl  
L  
55

LATVIJAS PSR ZINĀTŅU AKADEMIJA  
ĶĪMIJAS INSTITŪTS

A. UPĪTE

# *MINERĀLU PASAULĒ*

LATVIJAS PSR ZINĀTŅU AKADEMIJAS IZDEVNIECĪBA  
RĪGA 1964

L-3

Br



Vija Lāča Latv. PSR  
Valsts bibliotēka

552  
Up 480

~~72 - 70.121; 1 k.p.~~

Астра Юльевна Улите  
В МИРЕ МИНЕРАЛОВ

Издательство Академии наук Латвийской ССР

На латышском языке

0209069153

*Izdots saskaņā ar Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas Izdevumu  
un redakcijas padomes 1964. gada 23. aprīļa lēmumu.*



**M**inerāli un ieži, kurus tautā mēdz vienkārši saukt par akmeņiem, ir ievērojama dabas bagātība, par ko cilvēks interesējies jau sirmā senatnē.

Interese par minerāliem nav zudusi arī šodien. Mēs pētām tos laboratorijās un pārstrādājam fabrikās, izgatavojam no tiem daudzus mūsu dzīvē nepieciešamus izstrādājumus, kā arī plaši izmantojam tos celtniecībā, lietojam pat uzturā un ārstniecībā. Minerāli atrodas visapkārt ap mums, tādēļ ar pilnām tiesībām varam teikt, ka dzīvojam minerālu pasaulē.

Aplūkojot minerālus vērīgāk, redzam, ka daba nav skopojusies un apveltījusi tos ar formu un krāsu dažādību: vieni mūs iepriecina ar skaistajām krāsu niansēm un brīnišķīgajām kristālu formām, citi pārsteidz ar savu līdzību žuburainiem augiem un ziediem, bet daži minerāli tik ļoti atgādina mīkstu ādu vai vissmalkāko šķiedru, ka reizēm rodas pat šaubas, vai tie maz ir «akmeņi».

Akmeņi runā. Kas iemācījies to «valodu», uzzina, ka šķietami nemainīgie minerāli «dzimst», «dzīvo» un laika gaitā pārveidojas jaunus minerālos.

Pateicoties ģeologu neatlaidīgajam darbam, meklējot aizvien jaunus minerālus, kā arī zinātniekiem, kas pēta no zemes dzīlēm izceltās dabas bagātības, mēs soli pa solim tuvojamies minerālu izcelšanās noslēpumam, uz zinām to sastāvu, īpašības un izmantošanas iespējas.

Šīs brošūras nolūks ir īsumā iepazīstināt lasītāju ar visu to interesanto, skaisto un derīgo, ko sniedz mums minerālu pasaule.

## Kas ir minerāls

**N**e ikkatrs akmens, ko paņemam rokās, ir minerāls, tāpēc gluži dabiski rodas jautājums, ko tad īsti saprot ar vārdu minerāls.

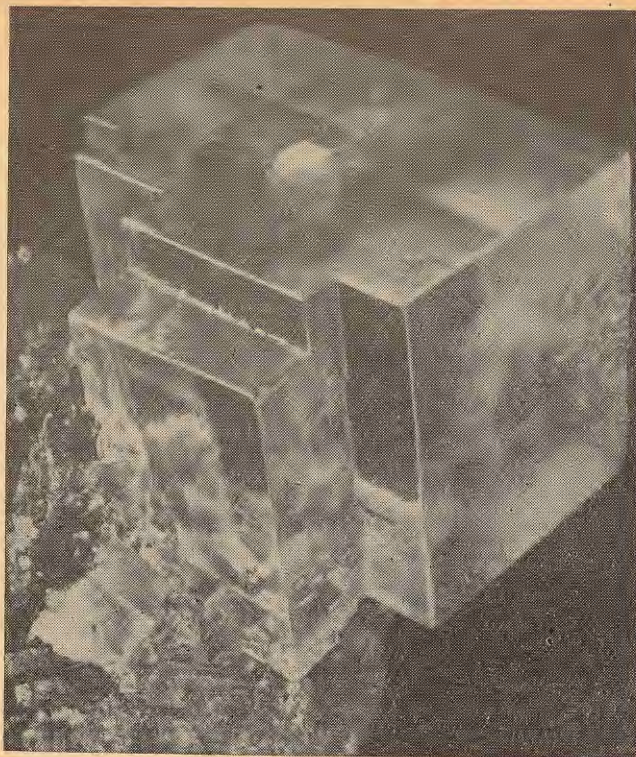
Nosaukums «minerāls» ir cēlies no sena grieķu vārda *minera*, kas nozīmē — rūdas gabals. Teiktais liecina, ka šis nosaukums izveidojies reizē ar kalnrūpniecības at-  
tīstību.

Par minerāliem šodien sauc cietās Zemes garozas vissīkākās homogenās sastāvdaļas. Vairums minerālu ir cietas vielas, bet ir sastopami arī šķidri (dzīvsudrabs, nafta) un pat gāzveidīgi minerāli.

Minerāli atšķiras cits no cita pēc ķīmiskā sastāva un fizikālajām īpašībām (krāsas, cietības, spīduma, kristālu formas utt.). Katram no tiem cilvēks devis arī raksturīgu vārdu jeb nosaukumu.

Ikviens minerāls pēc fiziskās uzbūves un ķīmiskā sastāva ir vairāk vai mazāk homogēns dabas veidojums. Tā, piemēram, lai arī no kādas atradnes mēs ņemtu visiem pazīstamo vārāmo jeb akmenssāli vai minerālu

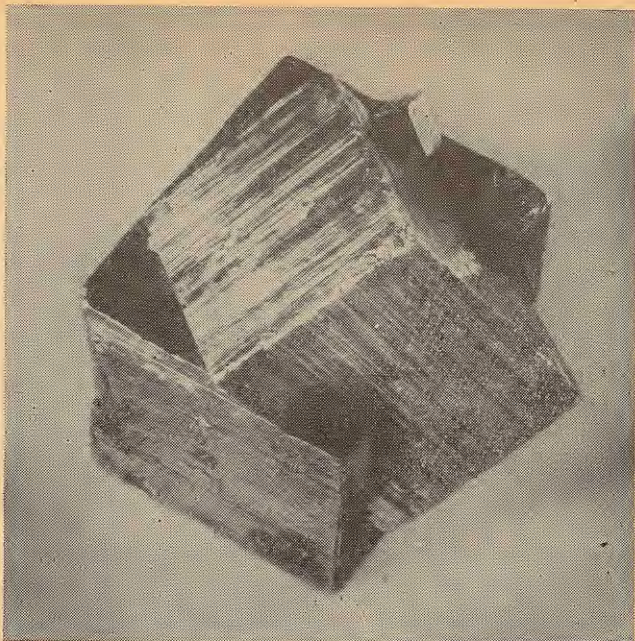




1. att. Akmensāls kristāli  
(no «Welt der Kristalle»).

pirītu, vārāmās sāls ķīmiskā formula (neskaitot dažādus piemaisījumus) vienmēr būs  $\text{NaCl}$ , bet pirīta —  $\text{FeS}_2$ .

Katram no šiem minerāliem ir raksturīgas arī ārējās pazīmes un fizikālās īpašības, pēc kurām tos viegli var atšķirt no citiem minerāliem. Kubiskās formas gandrīz

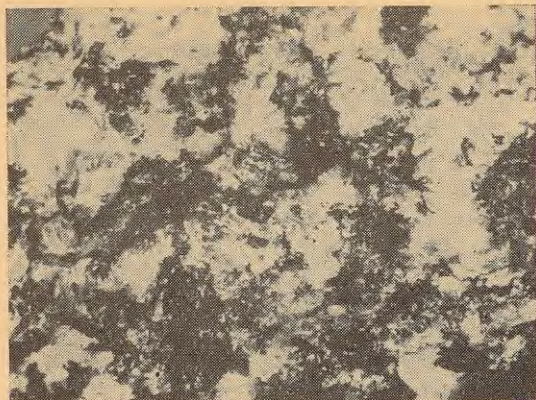


2. att. Pirīta kristāli  
(no «Welt der Kristalle»).

caurspīdīgajiem akmenssāls jeb minerāla halīta kristāliem (1. att.) raksturīgākā iezīme ir sāļā garša. Pirītu turpretī pazīstam pēc zeltam līdzīgā spīduma (2. att.). Tomēr te tūlīt jāatgādina tautas paruna «Ne viss ir zelts, kas spīd», jo pārējās īpašības pirītam krasi atšķiras no minētā cēlmetāla.

Dabā ir pazīstami ap trīs tūkstoši dažādu minerālu, bet speciālajos minerālu noteicējos minerālu nosaukumu skaits pārsniedz sešus tūkstošus, jo tur doti dažādi minerālu sinonīmi un paveidi, kā arī to veci nosaukumi.





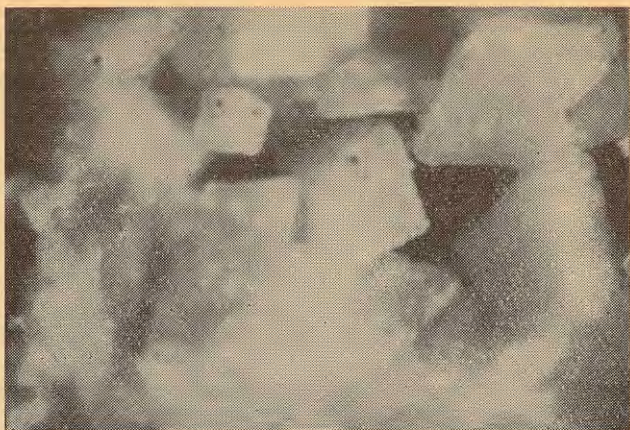
3. att. Granīts.

Minerālu skaits turpina vēl joprojām palielināties, jo laiku pa laikam tiek atklāts atkal kāds jauns, līdz šim nepazīts dabisks savienojums. Tā, piemēram, Padomju Savienībā pēdējos gados atklāti vairāki jauni minerāli — vlasovīts, betpakdalīts, innelīts, sibirskīts, gagarinīts, pravdīts u. c., par kuru esamību pirms neliela laika vēl nekas nebija zināms. Gagarinīts nosaukts par godu pirmajam kosmonautam Jurijam Gagarinam, bet pravdīta nosaukums saistās ar «Pravdas» neseno 50 gadu jubileju. Tagad šos visjaunāko minerālu paraugus katrs var apskatīt Ļeņingradas Kalnu muzejā, PSRS Zinātņu akadēmijas Mineraloģijas muzejā Maskavā vai arī Urālu kalnu muzejā Sverdlovskā.

No visa lielā minerālu skaita tikai nepilns simts dabā atrodami lielākā daudzumā, — tie ir galvenie Zemes garozas veidotāji. Toties vairums minerālu sastopami vai nu ļoti reti, vai arīniecīgā daudzumā.

Dabā minerāli pa lielākai daļai veido iežus — dabis-





4. att. Dolomīta kristāli — Apes rupjkristāliskais dolomīts polarizācijas mikroskopā.

kus minerālu sakopojumus lielākās masās (slāņu vai masīvu veidā). Tā, apskatot dažādus paraugus, redzam, ka parasti tie sastāv nevis no viena, bet gan no vairākiem minerāliem. Mūsu parastākajā laukakmenī — granītā (3. att.) vienmēr atrodams pelēcīgs minerāls kvarcs, melnas vai gaišākas krāsas vizlas plāksnītes un minerāls laukšpats, kas granītam dod tā sārto, pelēcīgo vai balto nokrāsu. Tā kā granīts sastāv no vairākiem minerāliem un savā «dzimtenē» — Somijā, Karēlijā, Zviedrijā un Norvēģijā veido veselus kalnus, to vairs nevar saukt par minerālu, bet gan par iezi. Tātad kvarcs, vizla un laukšpats ir minerāli, bet šo minerālu sakopojums — granīts ir jau iezis, pie tam poliminerāls iezis.

Retāk dabā ir sastopami monominerāli iezī, ko veido tikai viens minerāls. Ikviens mēs pazīstam marmoru vai

tīru kristālisku kaļķakmeni, bet ne visi zinās, ka abi tie sastāv tikai no sīkām minerāla kalcīta daļiņām. Tas pats sakāms arī par ģipšakmeni, kura sastāvā ietilpst galvenokārt minerāls ģipsis, un dolomītu (4.att.), kura galvenā sastāvdaļa ir minerāls dolomīts.

Ar minerālu un iežu pētīšanu nodarbojas divas zinātnes nozares — mineraloģija un petrogrāfija, kas savā darbā arvien vairāk izmanto fiziku, ķīmiju, kristalogrāfiju, kristaloķīmiju, fizikālo ķīmiju u. c. eksaktās zinātnes. Jo attīstītākas ir pēdējās, jo pilnīgāku priekšstatu iegūstam par minerālu īpašībām, sastāvu, kristālisko struktūru, izcelšanās apstākļiem un minerālu praktisko nozīmi.

Jāaizrāda, ka mūsu valsts saimnieciskajā dzīvē minerāli ieņem ļoti svarīgu vietu. Kvarcs, laukšpats, azbests, vizla, dimants, ģipsis, mirabilīts u. c. minerāli to vērtīgo fizikālo un ķīmisko īpašību dēļ plaši tiek izmantoti dažādās tautas saimniecības nozarēs. Kā gan būtu iedomājama metalurģiskā rūpniecība bez tādiem derīgajiem izrakteņiem kā dzelzs, svina, vara, cinka, molibdena u. c. rūdām? Tāpēc, jo dziļākas un vispusīgākas būs mūsu zināšanas par minerāliem — Zemes garozas vis-sīkākajām, bet tomēr tik svarīgām sastāvdaļām, jo bagātāka un varenāka būs mūsu valsts nākotne.

## Elementu izplatība Zemes garozā

No D. Mendeļejeva ķīmisko elementu tabulas redzams, ka pašreiz cilvēcei ir pazīstami 103 ķīmiskie elementi (1. tab.). No šiem 103 elementiem 15 ir iegūti mākslīgi un dabā nav sastopami, kamēr pārējie 88 lielākā vai mazākā daudzumā atrodami Zemes garozā, galvenokārt dažādu savienojumu resp. minerālu veidā.

Ikvienam minerālam raksturo tā ķīmiskā formula. Kā to vēlāk redzēsīm, svarīgi ir zināt ne tikai, no kādiem atomiem sastāv minerāls, bet arī jānoskaidro, kāds ir to novietojums kristālā, jo no tā ir atkarīgas daudzas minerāla īpašības.

Par minerālu ķīmisko sastāvu un elementu izplatību Zemes garozā daudz interesantu datu sniedz ģeokīmija. Dabā var sastapt minerālus, kas sastāv tikai no viena ķīmiskā elementa, piemēram, zelts (Au), sērs (S), platīns (Pt), dimants un grafīts (C), sudrabs (Ag) (5. att.) u. c. Lai gan elementu skaits, kas veido tīrdrūsus, ir ap 30, tiem tomēr irniecīga nozīme litosfērā\*, jo līdz 16 km

---

\* Litosfēra ir mūsu planētas pati virsējā kārtā jeb t. s. Zemes garoza.





5. att. Sudraba tīrradnis  
(no «Welt der Kristalle»).

dziļumam tie nepārsniedz 0,1% no kopējā Zemes garozas svara.

Daudz biežāk elementi dažādu ģeoloģisku procesu rezultātā piedalās ķīmiskajā reakcijā un veido visdažā-



## D. Mendeļejeva elementu periodiskā sistēma

| Periodi | Rindas | Elementu grupas              |                                 |                                |                              |                              |                              |                              |                              |                              |                             | 0 |                             |
|---------|--------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------|
|         |        | I                            | II                              | III                            | IV                           | V                            | VI                           | VII                          | VIII                         |                              |                             |   |                             |
| 1       | I      | 1. H<br>Ūdeņradis<br>1,00797 |                                 |                                |                              |                              |                              |                              |                              |                              |                             |   | 2. He<br>Hēlijs<br>4,0026   |
| 2       | II     | 3. Li<br>Litijs<br>6,939     | 4. Be<br>Berilijs<br>9,0122     | 5. B<br>Bors<br>10,811         | 6. C<br>Ogleklis<br>12,01115 | 7. N<br>Slāpekļis<br>14,0067 | 8. O<br>Skābeklis<br>15,9994 | 9. F<br>Fluors<br>18,9984    |                              |                              |                             |   | 10. Ne<br>Neons<br>20,183   |
| 3       | III    | 11. Na<br>Nātrijs<br>22,9898 | 12. Mg<br>Magnijs<br>24,312     | 13. Al<br>Alumīnijs<br>26,9815 | 14. Si<br>Silīcijs<br>28,086 | 15. P<br>Fosfors<br>30,9738  | 16. S<br>Sērs<br>32,064      | 17. Cl<br>Hlors<br>35,453    |                              |                              |                             |   | 18. Ar<br>Argons<br>39,948  |
| 4       | IV     | 19. K<br>Kālijs<br>39,102    | 20. Ca<br>Kalcījs<br>40,08      | 21. Sc<br>Skandījs<br>44,956   | 22. Ti<br>Titāns<br>47,90    | 23. V<br>Vanādijs<br>50,942  | 24. Cr<br>Hroms<br>51,996    | 25. Mn<br>Mangāns<br>54,9381 | 26. Fe<br>Dzelzs<br>55,847   | 27. Co<br>Kobalts<br>58,9332 | 28. Ni<br>Nikēlijs<br>58,71 |   |                             |
|         | V      | 29. Cu<br>Varš<br>63,54      | 30. Zn<br>Cinks<br>65,37        | 31. Ga<br>Gallījs<br>69,72     | 32. Ge<br>Germānijs<br>72,59 | 33. As<br>Arsēns<br>74,9216  | 34. Se<br>Selēns<br>78,96    | 35. Br<br>Broms<br>79,909    |                              |                              |                             |   | 36. Kr<br>Kriptons<br>83,80 |
| 5       | VI     | 37. Rb<br>Rubīdijs<br>85,47  | 38. Sr<br>Stroncijs<br>87,62    | 39. Y<br>Itrijs<br>88,905      | 40. Zr<br>Cirkonijs<br>91,22 | 41. Nb<br>Niobijs<br>92,906  | 42. Mo<br>Molibdēns<br>95,94 | 43. Tc<br>Tehnēcijs<br>(99)  | 44. Ru<br>Rutēnijs<br>101,07 | 45. Rh<br>Rodijs<br>102,905  | 46. Pd<br>Palādijs<br>106,4 |   |                             |
|         | VII    | 47. Ag<br>Sudrabs<br>107,870 | 48. Cd<br>Kadmījs<br>112,40     | 49. In<br>Indijs<br>114,82     | 50. Sn<br>Alva<br>118,69     | 51. Sb<br>Antimons<br>121,75 | 52. Te<br>Telūrs<br>127,60   | 53. J<br>Jods<br>126,9044    |                              |                              |                             |   | 54. Xe<br>Ksenons<br>131,30 |
| 6       | VIII   | 55. Cs<br>Cēzijs<br>132,905  | 56. Ba<br>Bārijs<br>137,34      | 57. La*<br>Lantāns<br>138,91   | 72. Hf<br>Hafnijs<br>178,49  | 73. Ta<br>Tantāls<br>180,948 | 74. W<br>Volframs<br>183,85  | 75. Re<br>Rēnijs<br>186,2    | 76. Os<br>Osmijs<br>190,2    | 77. Ir<br>Iridijs<br>192,2   | 78. Pt<br>Platīns<br>195,09 |   |                             |
|         | IX     | 79. Au<br>Zelts<br>196,967   | 80. Hg<br>Dzīvsudrabs<br>200,59 | 81. Tl<br>Tallijs<br>204,37    | 82. Pb<br>Svins<br>207,19    | 83. Bi<br>Bismuts<br>208,980 | 84. Po<br>Polonijs<br>(210)  | 85. At<br>Astatīns<br>(210)  |                              |                              |                             |   | 86. Rn<br>Radons<br>(222)   |
| 7       | X      | 87. Fr<br>Francījs<br>(223)  | 88. Ra<br>Rādijs<br>(226)       | 89. Ac**<br>Aktīnijs<br>(227)  | (Th)                         | (Pa)                         | (U)                          |                              |                              |                              |                             |   |                             |

\* Lantanīdi

|                            |                                 |                             |                              |                              |                              |                                |                              |                                |                              |                            |                             |                              |                              |
|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 58. Ce<br>Cērijs<br>140,12 | 59. Pr<br>Prazēodīms<br>140,907 | 60. Nd<br>Neodīms<br>144,24 | 61. Pm<br>Prometijs<br>(147) | 62. Sm<br>Samarijs<br>150,35 | 63. Eu<br>Eiropijs<br>151,96 | 64. Gd<br>Gadolīnijs<br>157,25 | 65. Tb<br>Terbijs<br>158,924 | 66. Dy<br>Disprozijs<br>162,50 | 67. Ho<br>Holmijs<br>164,930 | 68. Er<br>Erbījs<br>167,26 | 69. Tu<br>Tulijs<br>168,934 | 70. Yb<br>Iterbijs<br>173,04 | 71. Lu<br>Lutēcijs<br>174,97 |
|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|

\*\* Aktīnīdi

|                             |                                 |                          |                              |                              |                              |                           |                              |                                |                                |                             |                                 |                              |                                |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 90. Th<br>Torījs<br>232,038 | 91. Pa<br>Protaktīnijs<br>(231) | 92. U<br>Urāns<br>238,03 | 93. Np<br>Neptūnijs<br>(237) | 94. Pu<br>Plutonijs<br>(242) | 95. Am<br>Americijs<br>(243) | 96. Cm<br>Kirijs<br>(247) | 97. Bk<br>Berkēlijs<br>(247) | 98. Cf<br>Kalifornijs<br>(249) | 99. Es<br>Eiņšteinījs<br>(254) | 100. Fm<br>Fermijs<br>(253) | 101. Md<br>Mendeļevījs<br>(256) | 102. No<br>Nobēlijs<br>(255) | 103. Lw<br>Laurenšijs<br>(257) |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|

Piezīme. Iekavās atzīmēti visstabilāko izotopu masas skaitļi.



dākos ķīmiskos savienojumus (oksīdus, sulfātus, karbo-  
nātus, silikātus utt.), proti, minerālus, kuriem sakopo-

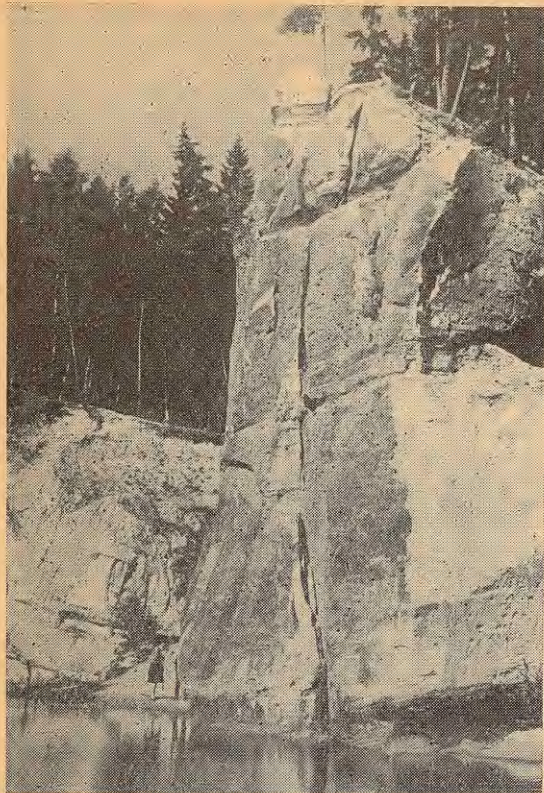
2. tabula

Litosfēras vidējais ķīmiskais sastāvs (svars %)  
(pēc A. Vinogradova, 1949)\*

|     |            |                          |             |                          |                          |                           |
|-----|------------|--------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| I   | O — 47,0   | V                        | Ni — 0,008  | VII                      | Se — $6 \cdot 10^{-5}$   |                           |
|     | Si — 27,5  |                          | Li — 0,0065 |                          | Cd — $(5 \cdot 10^{-5})$ |                           |
| II  | Al — 8,6   |                          | Zn — 0,005  |                          | Sb — $(4 \cdot 10^{-5})$ |                           |
|     | Fe — 5,0   |                          | Ce — 0,0045 |                          | J — $3 \cdot 10^{-5}$    |                           |
|     | Ca — 3,5   |                          | Sn — 0,004  |                          | Bi — $(2 \cdot 10^{-5})$ |                           |
|     | Na — 2,5   |                          | Co — 0,003  |                          | Ag — $(1 \cdot 10^{-5})$ |                           |
|     | K — 2,5    |                          | Y — 0,0028  |                          | In — $(1 \cdot 10^{-5})$ |                           |
|     | Mg — 2,0   |                          | La — 0,0018 | VIII                     | Hg — $7 \cdot 10^{-6}$   |                           |
| III | Ti — 0,60  |                          | Pb — 0,0016 |                          | Os — $5 \cdot 10^{-6}$   |                           |
|     | H — (0,15) |                          | Ga — 0,0015 |                          | Pd — $1 \cdot 10^{-6}$   |                           |
|     | C — (0,10) |                          | Nb — 0,001  |                          | Te — $(1 \cdot 10^{-6})$ |                           |
| IV  | Mn — 0,09  |                          | VI          | Th — $8 \cdot 10^{-4}$   | IX                       | Au — $5 \cdot 10^{-7}$    |
|     | S — 0,09   |                          |             | Cs — $7 \cdot 10^{-4}$   |                          | Pt — $5 \cdot 10^{-7}$    |
|     | P — 0,08   |                          |             | Ge — $7 \cdot 10^{-4}$   |                          | Ru — $(5 \cdot 10^{-7})$  |
|     | Ba — 0,05  |                          |             | Be — $6 \cdot 10^{-4}$   |                          | Ir — $1 \cdot 10^{-7}$    |
|     | Cl — 0,045 |                          |             | Sc — $6 \cdot 10^{-4}$   |                          | Rh — $1 \cdot 10^{-7}$    |
|     | Sr — 0,04  |                          |             | As — $5 \cdot 10^{-4}$   |                          | Re — $1 \cdot 10^{-7}$    |
|     | Rb — 0,031 |                          |             | Hf — $3,2 \cdot 10^{-4}$ | XI                       | Ra — $1 \cdot 10^{-10}$   |
|     | F — 0,027  |                          |             | Mo — $3 \cdot 10^{-4}$   |                          | Pa — $(1 \cdot 10^{-10})$ |
|     | Cr — 0,02  |                          |             | B — $3 \cdot 10^{-4}$    |                          |                           |
|     | Zr — 0,02  | U — $3 \cdot 10^{-4}$    |             |                          |                          |                           |
|     | V — 0,015  | Tl — $3 \cdot 10^{-4}$   |             |                          |                          |                           |
|     | Cu — 0,01  | Ta — $2 \cdot 10^{-4}$   |             |                          |                          |                           |
|     | N — (0,01) | Br — $1,6 \cdot 10^{-4}$ |             |                          |                          |                           |
|     |            | W — $1 \cdot 10^{-4}$    |             |                          |                          |                           |

\* Elementi atkarībā no procentuālā sastāva sargrupēti pa dekādēm (no grieķu vārda *deka* — desmit). Tabulā nav ietverti visi retzemju elementi.





6. att. Zvārtas iezis  
(J. Anžes uzņēmums).

jo tie lielākos masīvos izveidojas derīgo izrakteņu at-  
radnes.

Galvenie elementi, kas veido Zemes garozu, pēc A. Vi-  
nogradova datiem (2. tab.), ir skābeklis (O) un silīcijs  
(Si), kuri sastāda 74,5% no Zemes garozas kopējā  
svara. Tāpēc arī nav brīnums, ka gandrīz ik uz soļa

dabā sastopamies ar minerālu kvarcu, kura ķīmiskā formula ir  $\text{SiO}_2$ . Katrs taču redzējis, cik daudz vēja un jūras noapaļotu kvarca graudiņu ir mūsu jūrmalas kāpu smiltīs un skaistajos devona smilšakmeņos, kas atsedzas Gaujas, Salacas, Amatas u. c. upju krastos (6. att.). Un cik gan to vēl ir nepārredzamajos Āfrikas, Āzijas u. c. kontinentu tuksnešos!

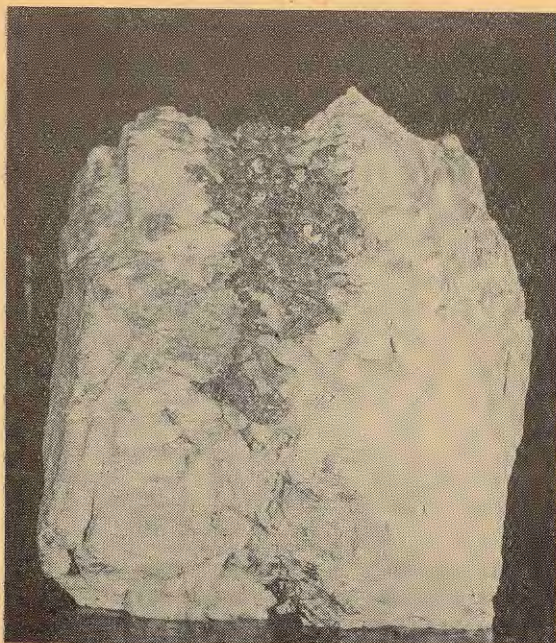
Samērā plaši, kaut gan mazāk nekā skābeklis un silīcijs, izplatīts alumīnijs (Al), dzelzs (Fe), kalcijs (Ca), nātrijs (Na), kālijs (K), magnijs (Mg), titāns (Ti), ūdeņradis (H) un ogleklis (C), kuri kopā sastāda 24,95% no Zemes garozas. Šie deviņi elementi kopā ar silīciju un skābekli ir visizplatītākie Zemes garozā (99,45%).

Visi pārējie elementi sastāda tikai dažas desmitdaļas procenta no Zemes garozas un jāuzskata par retiem elementiem. Šo elementu grupa ir ļoti plaša. Tā aptver visus retzemju elementus jeb t. s. lantanīdus — lantānu, cēriju, prazeodimu, neodimu, samāriju, eiropiju, gadolīniju, terbiju, disproziju, holmiju, erbiju, tuliju, iterbiju un lutēciju. Pie šīs grupas pieder arī radioaktīvie elementi (rādijs, torijs, polonijs, aktīnijs u. c.) un visi pārējie (tantals, itrijs, gallijs, telūrs u. c.), kas Zemes garozā atrodas relatīvi ļoti niecīgos daudzumos.

Jāatzīmē, ka samērā daudz reto elementu tomēr nav nemaz tik «reti», jo ģeoķīmisku procesu rezultātā tie koncentrējas vienā vietā un veido bagātas rūdu atradnes, piemēram, varš, alva, svins (7. att.) u. c. Pateicoties tādai parādībai, ir iespējams rūpnieciski iegūt daudzus vērtīgus metālus, kas nepieciešami dažādās tautas saimniecības nozarēs.

Taču, pētoņ elementu sadalījumu Zemes garozā, iznāk saskarties arī ar pretēju faktoru, proti, ar elementu izkliedētību. Izrādās, ka atsevišķi elementi neveido pastā-





7. att. Cinka-svina dzisla  
(Cernišova ģeoloģijas muzejā Leningradā).

vīgus minerālus, kuros tie atrastos kaut cik ievērojamā daudzumā. Tā rubīdijs, skandijs, hafnijs un rēnijs dabā ir atrodami tikai izkaisītā veidā ļoti mazās koncentrācijās kā piemaisījumi citiem minerāliem. Zināmā mērā tas pats sakāms arī par cēziju, selēnu, germāniju, galiju un vanādiju, jo to minerāli sastopami ļoti reti. Toties tādi elementi kā bismuts, telūrs un zelts, kas Zemes



garozā izplatītiniecīgos daudzumos un 2. tabulā atrodas tikai VIII un IX dekādē, dabā diezgan bieži sastopami gan kā tīrradņi, gan arī dažādu savienojumu veidā kā minerāli.

Jāatzīmē, ka mūsu priekšstats par izkliedētajiem elementiem nepārtraukti mainās. Vēl nesen pie pēdējiem ieskaitīja pat titānu, bet tagad ir zināmi jau vairāki minerāli, kuri satur daudz titāna. Tāpat līdz šim domāja, ka arī elements indijs līdzīgi rubīdijam, skandijam, hafnijam un rēnijam neveido minerālus, bet nule atklāti jau pirmie divi indija minerāli — indīts un džalindīts, kas atrasti Tālajos Austrumos Džalindas atradnē.

## *Retie elementi un to minerāli*

*P*ateicoties ķīmiskās tehnoloģijas attīstībai un iespējām atdalīt retos elementus no rūdām, 19. gadsimta beigās un 20. gadsimta sākumā rūpniecībā, tehnikā, metalurģijā un medicīnā arvien vairāk sāka ieviesties retie elementi to vērtīgo īpašību dēļ.

Sevišķa interese par reto elementu minerāliem radusies tieši pēdējos gados sakarā ar kosmosa pētījumiem un jaunu modernās tehnikas nozaru attīstību. No retzemju elementiem, t. s. lantanīdiem tagad ir iespējams iegūt termiski izturīgus sakausējumus, kurus izlieto Zemes mākslīgo pavadoņu apvalka, reaktīvo lidmašīnu, vadāmo lādiņu u. c. svarīgu detaļu izgatavošanai.

Bez retajiem elementiem vispār nav šodien iedomājama ķīmiskās rūpniecības, metalurģijas, atomu tehnikas un radioelektronikas tālākā attīstība. Ne velti šos elementus mēdz saukt par «nākotnes elementiem». Ģeologu uzdevums tagad ir meklēt un atrast šo svarīgo elementu jaunus minerālu izejvielu resursus.

Tehnikā retos elementus pēc to īpašībām pieņemts sadalīt vairākās grupās (3. tab.).

3. tabula

*Reto elementu iedalījums tehnikā*

| Grupas nosaukums      | Grupā ietilpstošie elementi  |
|-----------------------|--|
| Vieglie metāli        | Berilijs, litijs, rubīdijs, cēzijs                                   |
| Grūti kūstošie metāli | Molibdens, volframs, vanādijs, niobijs, tantalā, titāns, cirkonijs   |
| Izkliedētie elementi  | Germānijs, hafnijs, rēnijs, gallijs, indijs, talijs                  |
| Retzemju elementi     | Lantāns, skandijs, itrijs un lantanīdi                               |
| Radioaktīvie elementi | Rādijs, polonijs, aktīnijs un aktinīdi — urāns, protaktīnijs, torijs |

Īsumā pakavēsimies tuvāk pie atsevišķiem retajiem elementiem, apskatot to īpašības, izmantošanas iespējas un dabā sastopamos minerālus.

*Vieglie metāli — berilijs, litijs, rubīdijs un cēzijs*

Berilijs (Be) ir viens no tehnikā visizplatītākajiem šīs grupas elementiem. To atklāja franču ķīmiķis Luijs Voklēns (1763.—1829.) jau 1798. gadā, bet tikai tagad šis brīnišķīgais metāls, kura vērtīgākā īpašība ir tā mazais īpatnējais svars, sāks lietot plašāk.

Berilijs ir 1,5 reizes vieglāks nekā alumīnijs: alumīnija īpatnējais svars ir 2,7, bet berilija — tikai 1,84. Šim metālam paredzama liela nākotne, jo tas ir pats vieglākais no aviācijā lietotajiem metāliem. Berilija sakausējumi ar alumīniju un magniju ir ļoti viegli un izturīgi, tāpēc tos, neraugoties uz augsto cenu, arvien



plašāk lieto lidmašīnu būvē, jo svāra samazināšanai aviācijas tehnikā ir milzīga nozīme.

Bez viegluma metālistiskajam berilijam ir vēl otra lieiska īpašība: tas ir ļoti izturīgs pret apkārtējās vides iedarbību, proti, pret koroziju. Sakausējot beriliju ar varu, iegūst t. s. berilija bronzu, kas ir ļoti ciets un izturīgs materiāls. No šāda materiāla izgatavotas atspēres ir izturīgākas pat par tērauda atspērēm.

Beriliju lieto arī medicīnā: no plānām berilija plāksnītēm gatavo rentgena spuldžu «lodziņus», jo berilijs laiž cauri rentgena starus 15 reizi labāk nekā alumīnijs.

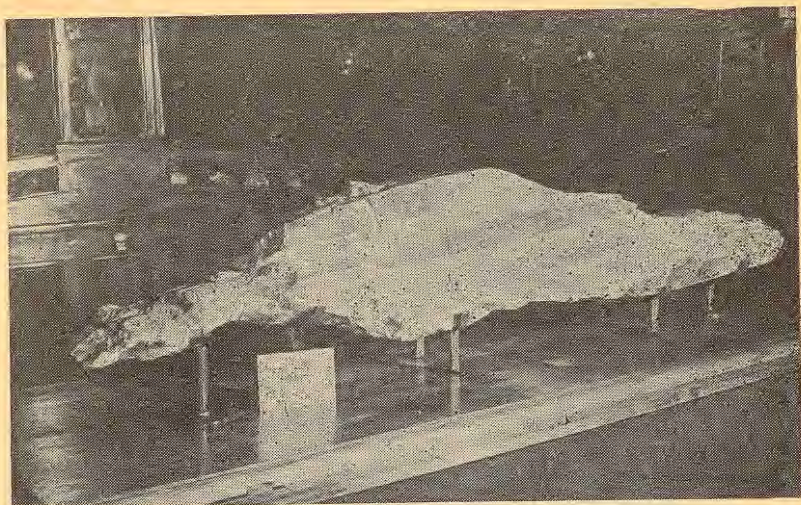
Beidzot jāatzīmē, ka ļoti tīru beriliju (1 tonna berilija nedrīkst saturēt vairāk par 1 g bora) kopā ar rādiju lieto kodola reaktoros atomenerģijas iegūšanai.

Diemžēl, dabā berilijs ir maz izplatīts elements (tas sastāda tikai 0,0006% no Zemes garozas). Toties minerālu skaits, kuros ietilpst berilijs, pārsniedz 20. No šiem minerāliem visbiežāk sastopams berils —  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ . Parasti tas veido garenas sešstūrainas prizmas, kas reizēm var sasniegt grandiozus izmērus (8. att.). Daži berila paveidi, kā zaļie smaragdi, zilganzaļie akvamarīni, rožainais vorobjevīts u. c., ir dārgakmeņi.

Padomju Savienības teritorijā berila atrādnēs ir zināmas jau no seniem laikiem Urālos, Altajā un citur, bet ārzemēs to iegūst ASV, Kolumbijā, Indijā, Brazīlijā un Dienvidāfrikā.

Vēl vieglāks par beriliju ir litījs (Li). Tā īpatnējais svārs ir tikai 0,53.

Metālistisko litiju pagaidām praktiski lieto vēl nedaudz, ja neskaita kodoltermiskās reakcijas. To izmanto galvenokārt kā piedevu dažos alumīnija, kalcija, svina u. c. metālu sakausējumos, jo tas uzlabo minēto metālu mehānistiskās īpašības un samazina izplešanās koeficientu.



8. att. Lielākais berila kristāls PSRS  
(Cernišova ģeoloģijas muzejā Leningradā).

Pēdējās īpašības dēļ litiju tagad lieto arī keramikā — to pievieno glazūru sastāvam, lai samazinātu lineāro termisko izplešanos un uzlabotu glazūru īpašības.

Svarīga nozīme litijam ir speciālos mikrokristāliskos stiklos, t. s. sitalā jeb pirokeramā kā kristalizācijas veicinātājam. Šī jaunā materiāla termiskā izturība var sacensties pat ar kvarca stiklu izturību, tāpēc no tā izgatavo detaļas, kurām jādarbojas strauju temperatūras maiņu apstākļos, piemēram, raķešu tehnikā.

Galvenie litija minerāli ir spodumens —  $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ , lepidolīts —  $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{F},\text{OH}]_2$  un cinvaldīts —  $\text{KLiFeAl}[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}][\text{Fe},\text{OH}]_2$ , kas bez litija reizumis sa-



tur arī  $\text{Cs}_2\text{O}$ ,  $\text{Rb}_2\text{O}$  (pat līdz 3,73%) u. c. retzemju elementus. Šo minerālu lielākās atradnes Padomju Savienībā ir Aizbaikālā, Kazahijas austrumu daļā un Vidusāzijā. Ārzemēs tas sastopams ASV (Kīstonā, Dienviddakotā atrasti milzīgi — līdz 16 m gari spoduma kristāli), Kanādā, Rūdu kalnos (Čehoslovākijā) un citur.

Pie vieglo metālu grupas pieder vēl rubīdijs (Rb) un cēzijs (Cs).

Rubīdijs Zemes garozā izpatīts tikai nedaudz mazāk par hloru un stronciju (2. tab.), tomēr jāaizrāda, ka šis elements patstāvīgus minerālus dabā neveido. Tāpēc ir vērtīgi pat jaunākajos minerālu noteicējos meklēt rubīdija minerālus. Līdz šim rubīdijs atrasts lepidolītā un it visos kālija minerālosniecīgu piemaisījumu veidā.

Lai gan cēzijs ir litosfērā daudz mazāk izplatīts nekā rubīdijs, taču minerāli, kuros ietilpst šis elements, vairs nav retums (piemēram, polucīts satur 30—32%  $\text{Cs}_2\text{O}$ ). Pasaulē ir zināmas atsevišķas atradnes, kur šī minerāla sakopojumiem ir pat rūpnieciska nozīme, piemēram, Karibibas atradne Dienvidrietumāfrikā.

Rubīdiju, bet it sevišķi cēziju izmanto fotoelementu izgatavošanai. Pēc tam kad bija izgatavots cēzija fotoelements, tika atrisināta problēma par attēlu pārraidīšanu un televīzijas attīstību.

### *Molibdens, volframs, vanādijs — grūti kūstošie metāli*

Kā jau var secināt no virsraksta, tad šīs grupas elementiem raksturīga ļoti augsta kušanas temperatūra. Pati augstākā tā ir molibdenam ( $2625^\circ$ ) un volframam ( $3410^\circ$ ).

Molibdenam (Mo) ir liela nozīme tērauda metalurģijā, kur izmanto apmēram 90% no visas pasaules





9. att. Molibdenīts.

molibdena ieguves, jo tā piedeva palielina tērauda cietību un elastību, kā arī izturību pret koroziju. Pārējos 10% molibdena izmanto elektrotehnikā radiospuldžu tīkļu un anodu izgatavošanai, krāsu rūpniecībā, ķīmiskajā rūpniecībā u. c. rūpniecības nozarēs.

Galvenais molibdena minerāls ir molibdenīts —  $\text{MoS}_2$ , bet ir pazīstami arī vēl daži citi molibdena saturoši minerāli, kā povelīts, vulfenīts, ferimolibdīts u. c. Molibdenītā ir ap 60% molibdena. Tas ir svina pelēks minerāls ar metālisku spīdumu, ļoti līdzīgs grafitam (9. att.).

Liela daļa molibdena krājumu atrodas ASV, kā arī Norvēģijā, Čīlē, Meksikā un PSRS, sevišķi Aizbaikālā un Kolas pussalā.

Molibdenīts izraisa sevišķi lielu interesi vēl tāpēc, ka piemaisījumu veidā tas satur arī rēniju (Re). Tā kā rēnijam kušanas punkts ( $3160^{\circ}$ ) ir tikai nedaudz zemāks nekā volframam ( $3410^{\circ}$ ), kā arī ir vēl dažas citas vērtīgas īpašības, tad tam paredz lielu nākotni. Pēdējā laikā ar rēniju aizstāj irīdiju un rodiju platīna termopāros, kā arī volframu elektrisko spuldžu kvēldiegos, bez tam to lieto svaru un kompasu bultu izgatavošanai.

Salīdzinājumā ar molibdenu arī volframa (W) piemīt ne mazāk vērtīgas īpašības, bet vajadzēja paiet vairāk nekā 100 gadiem pēc tā atklāšanas (to atklāja 1781. g. zviedru ķīmiķis Šēle), iekams zinātnieki izpētīja, kā šīs īpašības likt lietā.

Lielāko daļu volframa (85—90%) tagad patērē melnā metalurģija speciālu cieto tēraudu ražošanai. Šādam tēraudam ir pašrūdišanās spējas, un tas nezaudē savu cietību pat tad, ja sasniedz sarkankvēli. Volframa tēraudu tāpēc lieto griežņos, kuriem ir liels griešanas ātrums.

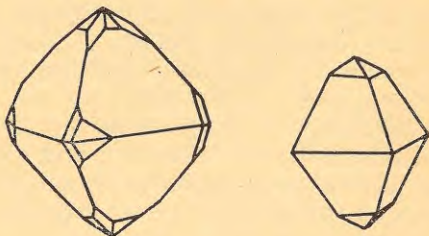
Bez tam no volframa kopā ar oglekli, hromu, kobaltu u. c. metāliem izgatavo speciālus ļoti cietus sakausējumus, kā pobedītu, volomītu, stellītu u. c. Volframa karbīdiem (WC un  $W_2C$ ) raksturīga liela cietība — 9,8 (dimantam 10), tāpēc metālu apstrādē un urbšanas tehnikā ar šādiem sakausējumiem tagad aizstāj dimantu.

Volframu plaši lieto arī elektrotehnikā, kur tas ir gandrīz neaizstājams materiāls elektrisko spuldžu kvēldiegiem.

Volframs ir iekarojis vietu arī ķīmiskajā rūpniecībā. Tā kā tas ir ļoti izturīgs pret skābēm, to lieto laboratorijas trauku izgatavošanai, lai aizstātu dārgos platīna traukus.



Dabā ir sastopami ap 15 volframa minerālu, bet kā rūdas noder tikai volframīts —  $(\text{Mn}, \text{Fe}) \text{WO}_4$  un šēlīts —  $\text{CaWO}_4$ . Pēdējais dabā bieži sastopams mazos skaisti izveidotos kristālos (10. att.). Vislielākie volframa krājumi pasaulē atrodas Padomju Savienībā, pie kam bagātākās atradnes ir Aizbaikālā, Altajā un Urālos. Lielas volframa atradnes ir arī Ķīnā, Malajā, Vjetnamā u. c. valstīs.



10. att. Šēlīta kristālu formas.

Līdzīgi volframam arī vanādijs ( $\text{V}$ ) pēc tā atklāšanas (to atklāja meksikāņu mineralogs A. M. Del Rio 1801. g.) bija ilgi jāgaida, iekams to sāka izmantot rūpniecībā. Šo metalurģijai ļoti vērtīgo elementu tirā veidā sāka iegūt pirms apmēram 70 gadiem, bet tehnikā tas tiek izmantots tikai pēdējos gadu desmitos.

Vanādijs uzlabo tērauda mehāniskās īpašības, sevišķi elastību. Tērauds, kam pievienots tikai 0,1—0,3% vanādija, iegūst lielu mehānisko izturību un spēju pretoties triecieniem. Sevišķi vajadzīgs šāds tērauds ir automobiļu asīm, kas braukšanas laikā tiek nepārtraukti tricinātas, kā arī lidmašīnu rūpniecībai.

Vanādija minerāli dabā ir diezgan plaši izplatīti, un to skaits sniedzas vairākos desmitos, bet, diemžēl, tie ir tik ļoti izkliedēti, ka kaut cik lielākos daudzumos nav atrodamī. Vairumam vanādija minerālu ir raksturīga spilgti dzeltena vai zaļa krāsa, pie kam daži no tiem satur vēl ļoti vērtīgu elementu — urānu un skaitās radioaktīvi. Pazīstamākie vanādija minerāli ir vanadinīts —  $\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$ , karnotīts —  $\text{K}_2[\text{UO}_2]_2[\text{VO}_4]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  un arī vanādiju saturošais titanomagnetīts  $(\text{Fe}, \text{Ti})_3\text{O}_4$ . Padomju Savienībā šie minerāli sastopami Suleimansajas (Kazahijā), Kusas (Urālos) u. c. atradnēs, bet ārzemēs visbagātākās vanādija rūdu atradnes ir Peru, Ziemeļrodēzijā, Meksikā.

Elementi niobijs (Nb) un tantals (Ta), tāpat kā cēlmetāli, ir ļoti izturīgi pret ķīmiskajiem reaģentiem un atsevišķos gadījumos pārspēj pat platīnu. Tā kā niobijs un tantals ir lētāki un izturīgāki par platīnu, tie pakāpeniski sāk aizstāt pēdējo.

Niobiju lieto galvenokārt kā tērauda piedevu, lai palielinātu tērauda mehānisko un tehnisko izturību. Minēto īpašību dēļ niobiju izmanto augsta spiediena katlu un reaktīvo dzinēju detaļu izgatavošanā, kā arī tam ir svarīga nozīme Zemes mākslīgo pavadoņu, raķešu un starpplanētu kuģu radīšanā.

Tantalu turpretī lieto radiotehnikā radiolokatoru un rentgena aparatūras izgatavošanai. Arvien vairāk to pieprasa arī medicīna. Izrādās, ka tantals nekairina miesas audus, tāpēc to sekmīgi lieto ķirurģijā kaulu sastiprināšanai lūzuma gadījumos. No tā var izgatavot arī galvaskausu ielāpus, bet pašreiz ķirurgi mēģina bojātos nervus aizstāt ar tantala protēzēm.

Lai gan niobijs un tantals ir dabā ļoti reti izplatīti elementi, pieprasījums pēc to minerāliem pasaules tirgū ir ļoti liels. Galvenās kolumbīta —  $(\text{Fe}, \text{Mn}) \text{Nb}_2\text{O}_6$ ,



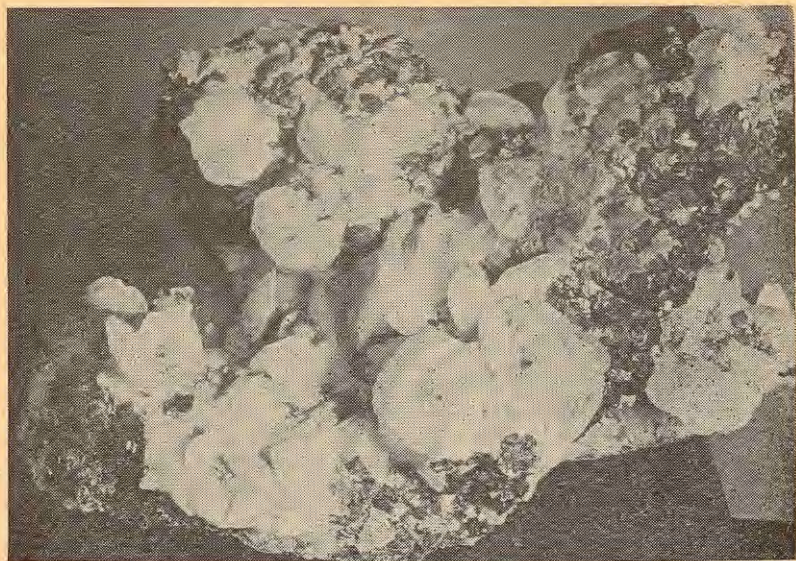
tantalīta —  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$ , loparīta —  $(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ca})(\text{Nb}, \text{Ti})\text{O}_3$  u. c. šo reto elementu minerālu piegādātājas ir Austrālija, Kongo, Norvēģija, Grenlande un Francija.

### *Izkliedētie elementi*

Gallijs (Ga), indijs (In) un tallijs (Tl) ir retie elementi, kas Zemes garozā atrodas izkliedētā veidā, un to patstāvīgi minerāli tikpat kā nav sastopami. Parasti šos elementus iegūst no krāsainās metalurģijas atkritumiem, galvenokārt no minerāla sfalerīta —  $\text{ZnS}$  (11. att.). Ja sfalerīts satur 0,002—0,2% gallija, tad tam jau ir rūpnieciska nozīme. Indiju iegūst pa lielākai daļai no sfalerīta paveida, t. s. marmatīta. Vienīgi tallijs veido atsevišķus minerālus, kā, piemēram, lorandītu —  $\text{TlAsS}_2$  un vrbaitu —  $\text{Tl}(\text{As}, \text{Sb})_3\text{S}_5$ , bet, par nožēlu, tie Alhāras atradnē pie Salonikiem (Grieķijā) ir sastopami tikai kā reti kristāli. Rūpniecībai nepieciešamo talliju tāpēc iegūst no markazīta —  $\text{FeS}_2$ , sfalerīta —  $\text{ZnS}$  un dažiem citiem sulfīdiem, kur tas gan atrodas niecīgu piemaisījumu veidā, bet toties paši minerāli ir bieži sastopami.

Visiem šiem trim elementiem raksturīga ļoti zema kušanas temperatūra, sevišķi gallijam ( $29,8^\circ$ ). Pietiek jau ar cilvēka rokas siltumu, lai tas plaukstā no cieta metāla pārvērstos zaigojošā šķidrumā. Tā kā gallija viršanas temperatūra ir  $2300^\circ$ , tad pēdējā laikā to lieto kvarca termometros augstu temperatūru mērīšanai ( $500\text{—}1000^\circ$ ). Salīdzinājumam jāmin, ka parastajos termometros lietotā dzīvsudraba viršanas temperatūra ir  $357^\circ$ .

Galliju izmanto arī dažādos sakausējumos ar alumīniju, kadmiju, zeltu u. c. elementiem termodrošinātāju



11. att. Sflerīts kopā ar kalcītu un kvarcu  
(Cernišova ģeoloģijas muzejā Leningradā).

izgatavošanai, speciāliem optiskajiem stikliem, kā arī medicīnā, piemēram, zobu protēzēm.

Kaut arī indijs ir dabā ļoti reti sastopams un tikai pavisam nesen Padomju Savienībā atklāti pirmie tā minerāli, šis elements tiek plaši lietots dažādās tautas saimniecības nozarēs. Indiju visbiežāk izmanto sudraba vietā spoguļu un reflektoru pārklāšanai, jo tas ļoti labi atstaro gaismas starus un laika gaitā nekļūst blāvs. Indiju lieto arī kuģu zemūdens daļu pārklāšanai, lai novērstu to korodēšanu, un daļēji — speciālos kausējumos lidmašīnu motoru izgatavošanai. Interesants ir arī stikls ar elektrisko strāvu vadošu plēvīti (tās sastāvā



ietilpst indija oksīds), kas nodrošina autobusu un lidmašīnu logu apsildīšanu.

Arī tallijs pašreiz tiek daudzpusīgi izmantots. Tā savienojumus lieto fotogrāfijā, medicīnā un augstas jutības termo- un fotoelementu pagatavošanai. Ievērojot to, ka tallija savienojumi ir ļoti indīgi, dažus no tiem izmanto grauzēju iznīcināšanai. Tā kā tallija ietekmē izkrīt mati (tas notiek diennakts laikā), tad tā preparātus lieto dažādu sēnišu slimību gadījumos, lai atbrīvotu saslimušās ķermeņa daļas no apmatojuma. Ar dzelzi, svīnu un alvu tallijs dod skābes izturīgus kausējumus, kamēr tallija karbonāts nepieciešams, lai iegūtu speciālu optisko stiklu ar sevišķi augstu gaismas laušanas koeficientu.

**G e r m ā n i j s** (Ge) ir viens no dabā visvairāk izkliedētajiem elementiem. Minerāli, kuros ir lielāki germānija daudzumi, sastopami ļoti reti. Tie ir germanīts —  $\text{Cu}_3\text{GeS}_4$ , argirodīts —  $\text{Ag}_8\text{GeS}_6$  un kanfildīts —  $\text{Ag}_8(\text{Sn}, \text{Ge})\text{S}_6$ , kas atrodami galvenokārt Kongo, kā arī Bolīvijā, Freibergā (VDR) un citur. Ļoti maz germānija satur vairākas rūdas un dažas ogļu šķirnes, bet tā atdalīšana te saistīta ar grūtībām.

Arvien vairāk germānija koncentrātu tagad iegūst no brūnogļu pelniem. Šādā veidā to pirms neilga laika sāka iegūt Čehoslovākijā (Poržicē).

Vēl nesen germānijs praksē gandrīz nekur netika lietots, bet tagad tas ieguvis ārkārtīgi lielu nozīmi modernajā tehnikā kā pusvadītājs.

Germānija brīnišķīgo īpašību atklāšana ir palīdzējusi atrisināt daudz tehnisku problēmu elektro- un radiotehnikā. Tā, piemēram, trauslo un samērā lielo vakuuma radiolampu vietā tagad izgatavo ļoti mazas kristāliskā germānija diodes un triodes, kuras iespējams ilgi eks-

pluatēt. Salīdzinājumā ar parastajām radiospuldzēm germānija diodes un triodes ir desmitiem reižu mazākas, jo to tilpums dažkārt nepārsniedz  $0,01 \text{ cm}^3$ . Līdz ar to ievērojami samazinās radiouztvērēju, televizoru, radiolokatoru, skaitļošanas mašīnu un citu aparātu izmēri, kā arī mazinās elektroenerģijas patēriņš.

Pusvadītājus tagad plaši lieto arī dažādos aparātos daudzu ražošanas procesu automātiskai regulēšanai; ar to palīdzību siltuma enerģiju var pārvērst tieši gaismas un elektriskajā enerģijā, bet radioaktīvo izstarojumu enerģiju — elektriskajā strāvā. Meklējumi par jaunām iespējām izmantot pusvadītājus vēl turpinās.

### *Retzemju elementi*

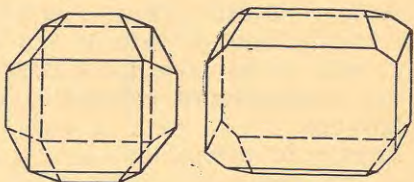
Par retzemju elementiem sauc lantānu (La), skandiju (Sc), itriju (Y) un vēl 14 elementus, t. s. lantanīdus, kas pēc savām īpašībām ļoti līdzīgi lantānam un periodiskajā sistēmā atrodas aiz tā (1. tab.).

Interesanti atzīmēt, ka Zemes garoza satur  $0,01\%$  retzemju elementu, tātad daudz vairāk nekā molibdena, svina u. c. visiem pazīstamu elementu. Diemžēl, retzemju elementi ir ļoti stipri izkliedēti. Tā kā dabā tie parasti sastopami kopā un to īpašības ir ļoti līdzīgas, tad šo elementu, sevišķi lantanīdu atdalīšana ir saistīta ar lielām grūtībām. Minēto iemeslu dēļ retzemju elementu savienojumu tīri preparāti vēl nesen bija laboratoriju retums. Tagad mūsu rūpniecība jau iegūst atsevišķus retzemju elementus un to savienojumus, kaut arī eiropijs (Eu), lutēcijs (Lu), terbijs (Tb) un tulijs (Tu) pagaidām vēl ir krietni dārgāki par zeltu.

Viens no galvenajiem retzemju elementu iegūšanas



avotiem ir minerāli monacīts —  $(\text{Ce}, \text{La} \dots) \text{PO}_4$  (12. att.), kas satur 50—68% retzemju elementu (galvenokārt cērija un lantāna) oksīdu, ksenotims —  $\text{YPO}_4$ , samarskīts —  $(\text{Y}, \text{Er} \dots)_4 [(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_7]_3$  u. c. Kādreiz šo minerālu lielākās atradnes bija Madagaskarā, kur



12. att. Monacīta kristālu formas.

sastopami sevišķi lieli monacīta kristāli, kā arī Brazīlijā, kur monacītu kopā ar ksenotimu atrod jūru un upju sanesumos. Pēc ārējā izskata monacīta smiltis neatšķiras no parastajām smiltīm, tāpēc agrāk tās izmantotas dzelzceļa būvēs par balasta materiālu. Saprotams, ka vēlāk, lai iegūtu retzemju elementu minerālus, šos dzelzceļu uzbērumus steidzīgi pārstrādāja. Tagad monacīta ieguves ziņā Brazīlijai aizsteigusies priekšā Indija, Austrālija un sevišķi Āfrika ar savām bagātajām retzemju elementu minerālu atradnēm.

Retzemju elementus un to savienojumus, kaut arī tie vēl ir ļoti dārgi, ar katru gadu vairāk izmanto metalurģijā, ķīmiskajā rūpniecībā, kodoltehnikā un radioelektronikā.

Lantāna (La), neodīma (Nd) un cērija (Ce) oksīdu piedevām ir liela nozīme stikla tehnoloģijā, jo šos elementus lieto speciālu stikla šķirņu ražošanai. No lan-

tāna optiskajiem stikliem izgatavo fotoobjektīvu lēcas, lai palielinātu attēla asumu, no neodīma — optisko instrumentu stiklus, kā arī briļļu stiklus, kas aizsargā no saules gaismas. Cērija oksīds ( $\text{CeO}_2$ ) piešķir stiklam dzeltenu krāsu. To izmanto, lai iegūtu stiklu, kas adsorbē ultravioletos starus. Šo elementu lieto rentģena spuldzēm, kā arī dažādos tehniskos stiklos un emaljās par miglinātāju. Raksturīgi, ka cērija stikli nezaudē dzidrumu arī pēc spēcīga rentģena izstarojuma un pasargā atomreaktoru personālu no kaitīgās radiācijas iedarbības.

Rūpniecībā plašāk lieto t. s. jaukto metālu, kas satur 45—50% cērija, 22—25% lantāna, 15—18% neodīma, līdz 5% prazeodīma un 2% citu retzemju elementu. Šādam sastāvam piemīt piroforas īpašības: gar nelīdzenu tērauda virsmu atšķeļot sīkas daļiņas, tās pašas no sevis gaisā aizdegas, tāpēc jaukto metālu lieto šķiltavu akmeņiem, kā arī trasējošo ložu un šāviņu ražošanā. Pēdējā laikā jauktais metāls ieņēmis svarīgu vietu arī metalurģijā. Metāliskā cērija sakausējumi ar magniju un alumīniju ir ļoti plastiski un izturīgi augstās temperatūrās, tādēļ tos lieto Zemes mākslīgo pavadoņu apvalkos u. c. nozīmīgos modernās tehnikas izstrādājumos.

### *Radioaktīvie retie elementi*

Laikam gan ne par vienu elementu un tā atklājējiem nav sarakstīts tik daudz grāmatu un apcerējumu kā par rādiju (Ra).

1896. gadā franču fiziķis Anrī Bekerels novēroja, ka urāna sālim piemīt īpašība emitēt (izstarot) starus, kas, tāpat kā rentģena stari, izspiežas cauri dažādām vielām



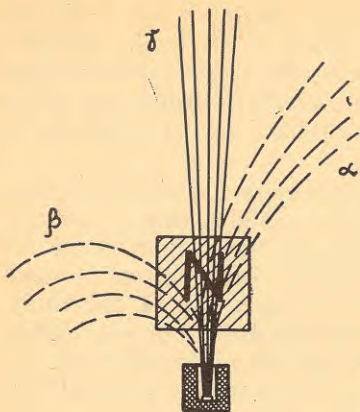
un iedarbojas tumsā uz fotoplati. Nedaudz vēlāk Marija Kirī atklāja, ka tāda pati īpašība ir arī torija savienojumiem. Pēc viņas priekšlikuma šo īpašību nosauca par radioaktivitāti, bet vielas, kas emitē urāna un torija sāļim līdzīgus starus, nosauca par radioaktīvām vielām.

Pēc šīs īpašības atklāšanas Marija Kirī kopā ar savu vīru fiziķi Pjēru Kirī sāka pētīt dažādus urāna savienojumus. Izrādījās, ka atsevišķiem minerāliem, kaut arī tie satur mazāk urāna, ir lielāka radioaktivitāte nekā tīrām urāna sāļim un pašam urānam. No tā abi zinātnieki secināja, ka urāna rūdās vajadzētu būt vēl kādām citām radioaktīvām vielām ar lielāku radioaktivitāti, bet tik niecīgos daudzumos, ka ar parastajām analīžu metodēm tās nevar konstatēt.

Un tiešām, 1898. gada jūlijā abi zinātnieki atklāja vienu no šiem jaunajiem elementiem, kuru Marija Kirī par godu savai dzimtenei Polijai nosauca par poloniju (Po). Pēc vairāku mēnešu neatlaidīga darba tā paša gada decembrī Marijai un Pjēram Kirī izdevās tikt uz pēdām arī otram elementam, proti, rādiyam (nosaukums cēlies no latīņu valodas *radius* — stars).

Lai pierādītu ķīmiķiem, fiziķiem un visai pasaulei tikko atklātā polonija un rādijs esamību, vajadzēja tos iegūt tīrā veidā. Urāna piķa rūdā minētie elementi bija tikko jaušamos daudzumos, pie kam šī rūda bija arī pārāk dārgs minerāls, tādēļ Kirī laulātais pāris lūdza atsūtīt viņiem nevis pašu urāna piķa rūdu no Joahims-tālas raktuvēm Bohēmijā, bet gan ražošanas atkritumus, kas paliek pāri pēc urāna atdalīšanas.

Milzīga darba rezultātā, pārstrādājot vairākas tonnas urāna rūdas atkritumu, 1902. gadā Marijai Kirī izdevās atdalīt vienu decigramu tīra rādijsa un noteikt



13. att. Radioaktīvā izstarojuma sadalīšanās  $\alpha$ ,  $\beta$  un  $\gamma$  staros magnētiskajā laukā.

jaunās vielas atomsvāru. Ar šo niecīgo rādija daudzumu tomēr pietika, lai izdarītu zinātnē veselu apvērsumu.

Poloniju, kas rūdā bija praktiski netveramos daudzumos, tīrā veidā toreiz vēl neizdevās iegūt. Nedaudz vēlāk Marijas un Pjēra Kirī palīgs ķīmiķis Andrē Debjērn atklāja vēl trešo radioaktīvo elementu — aktīniju (Ac).

Daudzu zinātnieku neatlaidīga darba rezultātā tagad ir izpētīti visi radioaktīvie elementi un noskaidrotas to īpašības.

Rādija ievērojamākā īpašība ir tā milzīgā radioaktivitāte, t. i., spēja izdalīt acij neredzamus alfa, beta un gamma starus (13. att.).\* Tā kā šie stari postoši iedar-

\* Pats rādijijs gan emitē tikai  $\alpha$  un  $\gamma$  starus, kamēr  $\beta$  staru emisija no rādija preparātiem, izskaidrojama ar citu radioaktīvo vielu klātbūtni.



bojas uz organisma audiem, tad rādiju agrāk sekmīgi lietoja medicīnā vēža ārstēšanai. Tagad tas kā ārstniecības līdzeklis savu nozīmi pamazām zaudē, jo pieejami daudz lētāki radioaktīvie izotopi, piemēram, kobalts-60 un eiropijs-153, kurus jau izmanto ļaundabīgo audzēju apstarošanai.

Pētot rādija īpašības, tika novērota vēl viena interesanta parādība, proti, t. s. radioaktīvā sabrukšana. Izrādījās, ka rādijs ne tikai emitē  $\alpha$  un  $\gamma$  starus, bet vienlaikus ar izstarojumu notiek tā pakāpeniska pārvēršanās divos jaunos elementos — hēlijā (He) un radonā (Rn). Pēdējais savukārt sadalās tālāk hēlijā un rādijā A, pie kam laika gaitā izveidojas vairāki jauni radioaktīvi elementi (rādijs B, rādijs C utt.). Radioaktīvās sabrukšanas gala produkts ir rādijs G jeb svina izotops ( $\text{Pb}^{206}$ ), kura ķīmiskās īpašības ir līdzīgas parastajam svinam. Tāpat kā rādijs, pakāpeniski sairst arī pārējie radioaktīvie elementi — urāns, torijs un aktīnijs.

Svina klātbūtne urāna rūdās ļauj izdarīt interesantus slēdzienus par iežu absolūto vecumu. Ir aprēķināts, ka katrs grams urāna dod gadā  $76 \cdot 10^{-8}$  gramu svina un ir jāpaiet 76 miljoniem gadu, lai 100 gramu urāna dotu vienu gramu svina. Pēc urāna un svina attiecības iežos padomju zinātnieki akadēmiķis A. Polkanovs un profesors E. Herlings nesen aprēķinājuši, ka Kolas pussalas u. c. vecākie mūsu planētas ieži sasniedz nevis 2 miljardi, kā agrāk domāja, bet gan 3,5 miljardi gadu lielu vecumu. Šo metodi tagad izmanto visas pasaules zinātnieki iežu un minerālu absolūtā vecuma noteikšanai.

Dabā urāna minerālu skaits sasniedz ap divi simti, bet praktiska nozīme ir tikai nedaudziem — urāna piķa rūdai jeb minerālam uraninītam (ar apmēram 80%  $\text{U}_3\text{O}_8$ ), tjujamunītam —  $\text{Ca} [\text{UO}_2]_2 [\text{VO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , karno-

titam —  $K_2 [UO_2]_2 [VO_4]_2 \cdot 3H_2O$  un dažiem citiem, kamēr pārējos minerālos urāns ir pavisam niecīgos daudzumos.

Ja agrāk šie minerāli tika lietoti tikai par rūdu rādija iegūšanai, tad tagad sakarā ar kodola iekšējās enerģijas izmantošanas problēmām to vērtība milzīgi pieaugusi. Ne velti 20. gadsimtu sauc par atomlaikmetu.

Urāna minerāliem parasti ir raksturīga melna vai tumši brūna krāsa, taukains spīdums un gliemežnīcas lūzums, kas ļauj tos diezgan viegli atšķirt no pārējiem minerāliem.

Galvenās urāna minerālu atradnes ir Katangā (Kongo), Kanādā, arī ASV, Brazīlijā, Rūdu kalnos un Padomju Savienībā.

### *Vai Latvijā ir reto elementu minerāli*

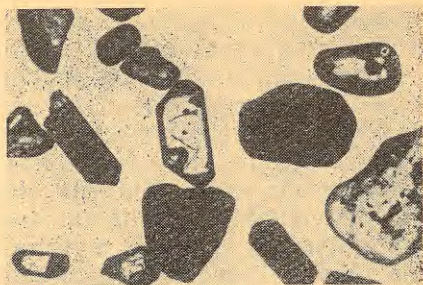
Protams, ka ir, bet tikai ļoti mazā koncentrācijā un parasti stipri izkliedētā veidā.

Tā kā reto elementu minerāli ir ķīmiski izturīgi, tie pēc iežu sadēdēšanas tiek mehāniski pārvietoti un atrodami upju un jūru sanesumos vairāk vai mazāk noapaļotu graudu veidā kā t. s. smagie minerāli. Salīdzinājumā ar kvarcu, kura īpatnējais svars ir 2,65, smagajiem minerāliem tas ir ievērojami lielāks un sasniedz 3,5—5,5.

Starp smagajiem minerāliem vienmēr atrod rutilu —  $TiO_2$ , cirkonu —  $ZrSiO_4$ , ilmenītu —  $FeTiO_3$ , granātus —  $Mg_3Al_2 [SiO_4]_3$ ,  $Ca_3Al_2 [SiO_4]_3$ , turmalīnu, stavrolītu, monacītu u. c. Praktiska nozīme ir gan tikai rutilam un ilmenītam kā izejvielām titāna (Ti) iegūšanai, kas ir viens no svarīgākajiem «nākotnes elementiem», kamēr



14. att. Monacīts (attēla vidū) jūrmalas smiltīs. (Mikrouzņēmums, palielināts 80 reizu.)



cirkons un monacīts ir nozīmīgas hafnija (Hf), cērija (Ce), torija (Th) u. c. retzemju elementu izejvielas.

Sevišķi bagātas šāda veida reto elementu minerālu atradnes ir Austrālijā, Indijā, Brazīlijā, Tasmānijā un ASV, Floridas pussalā, kur jūrmalas smiltis dod apmēram 80% no pasaules cirkona, 20% no ilmenīta un 30% no monacīta ieguves.

Pēdējos gados zinātnieki sākuši interesēties arī par Baltijas jūras piekrastes smiltīm. Bez Baltijas republiku ģeologiem tām pievērsušies arī Polijas un VDR zinātnieki.

Pētījumi liecina, ka mūsu republikā smagie minerāli sastopami kā Kurzemes, tā arī Vidzemes jūrmalā, bet tikai atsevišķās vietās tie sasniedz ievērojamu daudzumu. Tā, piemēram, Kurzemes jūrmalā, pie Irbes un Ventspils apkārtnē, smiltīs ir atsevišķas kārtiņas, kur smago minerālu daudzums sasniedz 3—40%, bet Vidzemes jūrmalā, pie Ainažiem un Skultes, — pat 4—60%.

Žēl tikai, ka šo lēcveida kārtiņu biežums parasti ir daži centimetri, tomēr vietām sastop arī 5—10 cm biezas starpkārtiņas.

Mūsu jūrmalas smilšu analīzes rāda, ka tajās ir galvenokārt granāti, piroksēni, ilmenīts, cirkons, magnetīts, kā arī monacīts (14. att.) un turmalīns. No granātiem smiltis ieguvušas tumši sarkanīgi violeto nokrāsu, bet smiltis, kas satur daudz ilmenīta un magnetīta, ir melnas. Iesim talkā ģeologiem un ziņosim par katru šādu uzietu «melno smilšu» atradni! Iespējams, ka arī mūsu republikā tuvākajā nākotnē sāks izmantot šo dabas bagātību reto elementu iegūšanai. Te jāņem priekšzīme no Vācijas Demokrātiskās Republikas, kur no jūrmalas smiltīm jau iegūst cirkonu un titānu saturošus minerālus. Jāpiebilst, ka ASV par rūpnieciski izmantojamām uzskata smiltis, kurās smago minerālu daudzums ir tikai 3—4%.



# *Cietie un mīkstie minerāli*

## *Minerālu cietība*

**J**au pirmatnējais cilvēks, izvēloties sev akmens darba rīkus, pamanījis, ka visi akmeņi nebūt nav vienādi cieti un to cietība ir stipri atšķirīga.

Dažus akmeņus mēs varam saskaldīt tikai ar lielām grūtībām, bet ir arī tādi, kas diezgan viegli sadrūp mūsu rokās. Pats cietākais no visiem minerāliem ir dimants, bet mīkstākie — grafīts, talks, azbests un citi.

Cietība ir viena no raksturīgākajām minerālu fizikālajām īpašībām. Tā ir spēja pretoties ārējai mehāniskajai iedarbībai, tanī skaitā arī skrāpējošai darbībai. Minerālu cietības noteikšanai lieto t. s. Mosa cietības skalū, ko pagājušā gadsimta sākumā ieteicis vācu mineralogs Frīdrihs Moss. Par etaloniem šai skalai tika pieņemti desmit minerāli, kuru cietība apzīmēta pieaugošā secībā ar skaitļiem no 1 līdz 10:

1. talks —  $Mg_3[Si_4O_{10}][OH]_2$
2. ģipsis —  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
3. calcīts —  $CaCO_3$
4. fluorīts —  $CaF_2$
5. apatīts —  $Ca_5[PO_4]_3F$
6. ortoklāzs —  $K[AlSi_3O_8]$
7. kvarcs —  $SiO_2$
8. topāzs —  $Al_2[SiO_4](F, OH)_2$
9. korunds —  $Al_2O_3$
10. dimants — C

Praktiski cietību nosaka, turot pētāmo minerālu vienā rokā, bet ar otru mēģinot to ieskrāpēt ar kādu no cietākajiem etalona minerāliem. Pēdējos maina, ņemot arvien mīkstākus skalas minerālus, tik ilgi, kamēr uz pētāmā minerāla virsmas nav redzamas skrāpējuma pēdas. Piemēram, ja švīkas paliek no kvarca, ortoklāza un apatīta, bet fluorīts pētāmo minerālu vairs neskrāpē, tad saka, ka tā cietība, tāpat kā fluoritam, ir 4. Šo ērto un vienkāršo metodi plaši lieto mineraloģijā minerālu noteikšanai.

Diemžēl, šī skala dod tikai aptuvenu priekšstatu par minerālu cietību, jo cietības pakāpes ir patvaļīgi izvēlētas un relatīvā cietības starpība starp atsevišķiem skalas minerāliem izrādās stipri nevienāda. Skalas beidzamajos posmos tā ir nesalīdzināmi lielāka nekā sākumā. Patiesībā dimanta cietība salīdzinājumā ar talku ir nevis 10, bet gan 4 miljoni reižu lielāka.

Pieņemot korunda cietību par 1000, pēc Rosivala aprēķiniem Mosa skala izskatīsies šāda:

|        |        |          |        |
|--------|--------|----------|--------|
| talks  | — 0,03 | calcīts  | — 0,26 |
| ģipsis | — 0,04 | fluorīts | — 0,75 |

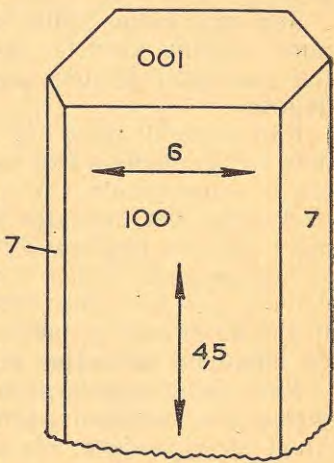


|           |   |      |         |   |         |
|-----------|---|------|---------|---|---------|
| apatīts   | — | 1,23 | topāzs  | — | 152     |
| ortoklāzs | — | 25   | korunds | — | 1000    |
| kvarcs    | — | 40   | dimants | — | 140 000 |

Zinātniskiem mērķiem minerālu cietību var noteikt vēl precīzāk pēc Martensa paņēmiena speciālā aparātā, t. s. sklerometrā, kur cietību aprēķina pēc tās slodzes lieluma, kas vajadzīga, lai dimanta adata ieskrāmbātu pētāmo minerālu.

Kā nupat redzējām, minerālu cietība var būt ļoti atšķirīga, bet vairumam minerālu dabā tā svārstās no 2 līdz 6. Vislielākā cietība parasti ir oksīdiem un silikātiem, piemēram, kvarcam — 7, topāzam — 8, korundam — 9.

Dažāda ir ne tikai atsevišķu minerālu cietība, bet dažos gadījumos arī vienam un tam pašam minerālam, vienam un tam pašam kristālam atkarībā no plāksnes un virziena, kādā to skrāpējam, cietība ir stipri atšķirīga. Tāds ir minerāls kianīts jeb distens —  $Al_2O_3 \cdot SiO_5$ , kas pat nosaukumu dabūjis savas nevienādās cietības dēļ (grieķu valodā *di* — divējādi, bet *stenos* — tas, kas pretojas). Izrādās, ka paralēli gareniskajam virzienam distena cietība ir 4,5, bet pretējā virzienā — 6, kamēr uz sānu plāksnēm tā sasniedz 7 (15. att.).



15. att. Distena nevienādā cietība.

Jau sirmā senatnē cilvēka prātu ir mulsinājušas kāda šķiedrainā akmens brīnišķīgās īpašības. Tauta to nosaukusi par «akmens kodaļu», «kalnu līnēm» un sacerējusi par to daudz skaistu leģendu. Lūk, viena no tām.

Sensenos laikos kādā taigas ciemā atklīdusi nepazīstama meitene, kuru tās laipnības un skaistuma dēļ visi ļoti iemīlojuši. Meiteni sauca par Tillu, kas nozīmē «nedegošā».

Kad jaunekļi nāca pie viņas precībās, Tilla smiedamās rādīja savus garos matus un teica: «Ja jūs zinātu, cik es esmu veca!» Cik gan skaisti bija šie mati! Pilnīgi sirmi, bet mirdzēja kā sniegs. Mati sniedzās līdz pat zemei un apņēma Tillu kā blīvs apmetnis.

Pagāja gadi. Tillas draudzenes apprecējās, bet viņa dzīvoja vēl joprojām viena savā mazajā būdiņā. Visi ticēja, ka šī mūžīgi jaunā sieviete pasargā viņu bērnus no slimībām un mājas no ļauniem zvēriem un gariem.

Reiz ciemā iebruka ienaidnieks. Viņu karavadonis no pirmā acu uzmetiena iemīlēja Tillu un gribēja, lai tā kļūst par viņa sievu. «Ja neatnāksi pie manis līdz otram rītam, izpostīšu visu ciemu,» svešo iebrucēju karavadonis piedraudēja.

Visu nakti Tilla sēdēja ezera krastā un domāja. No rīta, kad ienaidnieks nāca jau ar lāpām nodedzināt ciemu, ciema ļaudis izmisīgi lūdza, lai Tilla glābjot viņus, viņu bērnus un mājas. Tilla palūkojās uz viņiem ar savām skumjajām acīm un mierīgi sacīja: «Neuztraucieties, viss būs labi.»

Tanī pašā brīdī ciema visneglītākā jaunava, bezzobainā Mikva, kas vienmēr bija apskaudusi Tillas skaistumu, izrāva kādam karavīram no rokām degošu lāpu,



meta to uz Tillu un kļiedza: «Sadedz arī tu!» Tad Tilla atraisīja savus garos matus un ar tiem nodzēsa jau degošās drānas.

To redzot, dažas sievietes iesaucās: «Redziet, redziet, kur stāv burve!»

Bet Tilla pacēla roku un teica: «Tilla nedeg. Tilla nemirst. Tilla dzīvo mūžīgi jauna un mūžīgi veca kā pati zeme. Tilla nebaidās ne nāves, ne uguns. Skatieties!»

Un visi redzēja, ka Tilla norāva savus skaistos matus un meta pa sauļai ugunī, kas tūlīt nodzisa.

Pēc tam viņa aizgāja. Uz kurieni, neviens to nezināja.

Tajā vietā, kur Tilla atstājusi savus skaistos matus, izaudzis kalns no sīkām, pelēcīgi baltām akmens šķiedriņām, kurās reizēm var redzēt it kā dzeltenīgu uguns atspīdumu. Šis akmens ir azbests.

Šodien gan neviens vairs netic šai pasakai, tomēr tā palīdz mums saprast, ar kādu mīlestību un cieņu cilvēki jau senatnē novērtējuši zemes bagātības, un rāda, cik skaistas izdomas pilni ir iežu izcelšanās izskaidrojumi.

### *Azbests — minerāls, kuru vērpij un auž*

Azbests ir smalkšķiedrains minerāls, kam piemīt brīnišķīgas īpašības: to var aust tāpat kā linus, un no tā izgatavotais audums nedeg. Šī pēdējā īpašība, proti, ugunsizturība atspoguļota jau azbesta nosaukumā (grieķu valodā *asbestos* — nedegošais).

Azbestu jau sirmā senatnē pazinuši ne tikai grieķi un romieši, bet arī indieši, persieši un ķīnieši, kas prata

izgatavot no šī minerāla šķiedrām dažādus izstrādājumus. It sevišķi izplatīti tanī laikā bija azbesta degļi svētnīcu eļļas lampiņām.

Azbestu izmantoja arī tautas ārstniecībā. Agrāk domāja, ka tad, ja cilvēks ir slims, viņa iekšās atrodas uguns. Senie dziednieki bija pārliecināti, ka ļaunās uguns nodzēšanai jāieņem tik azbesta šķiedriņas un cilvēks izveseļosies. Tika izgatavotas pat dažādas ziedes un pulveri, ar kuriem ārstēja augoņus, kuņģa slimības un dažādus iekaisumus.

Tas viss padarīja azbestu slavenu. Par tā izcelšanos stāstīja leģendas, un tam piedēvēja pat burvju varu.

Eiropieši ar azbestu iepazinās daudz vēlāk. Pirmās ziņas par šo brīnumaino minerālu sniedza venēciešu ceļotājs Marko Polo (1250. g.), aprakstīdams Ķīnā gūtos ceļojuma iespaidus. Pagāja vēl vairāki gadsimti, iekams 1676. gadā Anglijas galmā kāds ķīniešu tirgotājs, galminiekiem par sevišķu izbrīnu, demonstrēja savas preces nedegamību, iemetot audumus kamīna liesmās.

Drīz pēc tam sākās azbesta «uzvaras gājiens» Eiropā. 18. gadsimta sākumā Pirenejos un Ungārijā no azbesta jau prata izgatavot speciālu papīru un degļus. 1785. gadā zviedrs Fokse izgatavoja t. s. akmens papi un apsita ar to koka ēku, ko pēc tam aizdedzināja. Fokses mēģinājumi tanī laikā radīja veselu sensāciju, jo izrādījās, ka akmens pape ir ugunsdrošs materiāls — ar to apsistās koka ēkas neaizdegās.

Mazā Itālijas pilsētīņā Komo 1806. gadā Helēna Perpentī izmēģināja azbestu aust un izgatavoja no tā lentes, salvetes, papīru, aukliņas un pat smalkas mežģines.

No tā laika ir pagājis jau vairāk nekā 150 gadu. Tagad azbesta iegūšana un apstrādāšana ir kļuvusi par



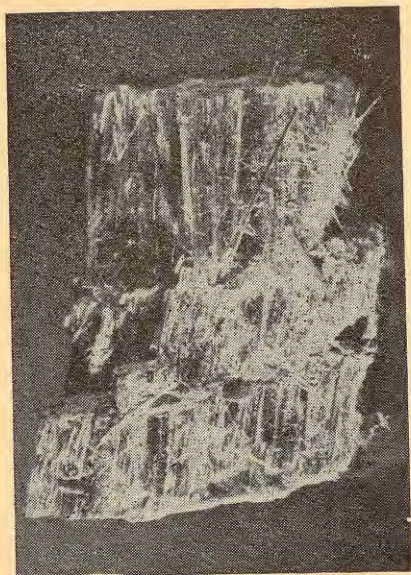
pasaules rūpniecības nozari. Tā kā azbesta šķiedrai ir izcila īpašība — tā ir ugunsizturīga, kā arī izturīga pret skābju un sārmu iedarbību, ar mazu siltumvadīšanas spēju un lielu mehānisko izturību, tad azbests tiek izmantots dažādās tautas saimniecības nozarēs.

No 5 līdz 8 cm garas un garākas šķiedras sauc par tekstilazbestu, un tās lieto aušanai. No šādas šķiedras izgatavo ugunsizturīgu audumu, ko lieto ugunsdzēsēju spectērpiem, cimdiem, priekšautiem, maskām, šļūtenēm un virvju kāpnēm. Arī teātru aizkari tiek gatavoti no azbesta auduma. Pēdējā laikā azbesta audumu arvien biežāk sāk aizstāt stikla šķiedra.

Nedaudz īsākas azbesta šķiedras, pievienojot tām nelielu līmes un kaolīna piedevu, lieto dažādiem termoizolācijas izstrādājumiem. No tā izgatavo azbesta kartonu un sevišķi vērtīgu papīru, kas domāts svarīgiem valsts un vēsturiskiem dokumentiem.

Arī mikrobiologiem ir vajadzīgs azbests. No tā izgatavo speciālus Zeica filtrus, kas nelaiž cauri mikrobus, kā arī gatavo Breiera filtru mikromembrānas, kurās uz 1 mm<sup>2</sup> ir vairāk nekā 2 miljonu poru. Šos ļoti smalkos filtrus plaši lieto vīna rūpniecībā vīna filtrēšanai.

Azbests ir materiāls, kas interesē arī celtniekus. No visīsākajām šķiedriņām (īsākas par 1 mm) kopā ar 80% cementa izgatavo azbocementa jeb eternīta izstrādājumus. Šī materiāla plāksnes ir vieglas, ugunsizturīgas un viegli pulējamas, tāpēc tās lieto arī ēku ārējai apdarei. Tā kā azbocements ir arī ūdens necaurlaidīgs un iztur 15—25 atmosfēras lielu spiedienu, tas kļuvis neaizstājams ūdens, gāzes un naftas vadu cauruļu izgatavošanai.



16. att. Hrizotilazbests.

Kaut arī mēs šeit neuzskaitījām visas tās nozares, kur lieto azbesta izstrādājumus, tomēr no šiem nedaudzajiem piemēriem jau redzams, cik nozīmīgs ir šis šķiedrainais minerāls tautas saimniecībā.

Azbests sakarā ar tā sarežģīto izcelšanos dabā sastopams reti. Tas veidojas no serpentīnīta, kas dabā atrodams diezgan bieži, bet parasti azbesta tanī nav. Lai rastos azbests, ir nepieciešams, lai serpentīnīta masīvā būtu izveidojušās sīkas plaisiņas, pa kurām varētu cirkulēt karsts ūdens, kurā izšķīdināts minerāls serpentīns. Atdziestot serpentīns noteiktos apstākļos izgulsnējas plaisiņas kā nelielas, ļoti smalkas (0,5 mikroni jeb



0,0005 mm diametrā) šķiedriņas. Azbesta atradnes pasaulē pagaidām ir atklātas tikai trijās valstīs — Padomju Savienībā, Kanādā un Dienvidrodēzijā.

Jāaizrāda, ka par azbestu tagad sauc vairākus minerālus, kuriem visiem ir kopēja īpašība — spēja viegli sadalīties atsevišķās šķiedrās.

Tikko apskatītais ir t. s. hrizotilazbests (16. att.), kura ķīmiskā formula, gluži dabiski, ir tāda pati kā serpentīnam, proti,  $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Hrizotilazbests ir viens no izplatītākajiem azbesta veidiem. Vislielākie hrizotilazbesta krājumi ir Padomju Savienībā, sevišķi Urālos, kur vienā pašā Baženovas rajonā ir zināmas divdesmit rūpnieciski izmantojamas atradnes.

Bez hrizotilazbesta dabā sastopami arī azbesti no amfibolu grupas — amiantis, krokidolīts, antofilīts u. c. Amiantam —  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2[\text{OH}]_2$  ir elastīgas un sevišķi garas šķiedras, kas reizēm sasniedz 35 cm garumu. Tā kā amiantis ir ne tikai ugunsizturīgs, bet arī



17. att. Antofilīts.

pret skābes iedarbību izturīgs minerāls, tad to izmanto ķīmiskajā rūpniecībā. Līdzīgs ir arī otrs skābes un sārņu izturīgais minerāls — krokidolīts, kas savu nosaukumu ieguvis no Krokodiļu upes (Limpopo) Transvālā, kur atrodas bagātīgi šī zilā minerāla krājumi. Antofilītam turpretī ir ne tikai šķiedraina, bet reizēm arī radiāli staraina struktūra (17. att.).

Ļoti interesants ir minerāls paligorskīts, kura šķiedriņas ir novietotas nevis paralēli cita citai, bet gan savītas kopā. Oriģinālas ir arī šī minerāla fizikālās īpašības, kas atspoguļojas tā senajos nosaukumos — *kalnu āda*, *kalnu korķis*, *kalnu malka* utt. Un tiešām, šis minerāls ir līdzīgs īstai ādai, kuru var bez grūtībām salocīt visādos virzienos. Reizēm tas atkal atgādina sausu malku un ir tik viegls kā korķis. Padomju Savienībā šo minerālu sastop upju krastos Volgas vidustecē, Ukrainā, Krimā, Ziemeļkaukāzā un citur.

### *Grafīts — mīkstākais minerāls*

Starp mīkstajiem minerāliem zinātnieku sevišķu interesi izraisa grafīts, kas ir dabas cietākā minerāla — dimanta «dvīnis». Pārsteidzošākais ir tas, ka abiem šiem minerāliem ir viena un tā pati ķīmiskā formula — tie sastāv no tīra oglekļa (C), toties šo minerālu fizikālās īpašības atšķiras kā diena no nakts, proti, grafīts ir melns un necaurspīdīgs, bet dimants — bezkrāsains un caurspīdīgs.

Arheoloģiskie izrakumi rāda, ka grafīts ir bijis cilvēcei jau sen pazīstams. Tas lietots galvenokārt krāsu izgatavošanai.

Viduslaikos grafīts, tāpat kā daudzi citi senākie atklājumi, nogrima aizmirstībā, un tikai 16. gadsimtā



Anglijā, Kemberlendā, to atklāja no jauna. Tā kā grafīta ārējais izskats bija ļoti līdzīgs svinam, to nosauca par «melno svinu». Šis nosaukums radīja zināmu sajukumu, nosakot minerālus, tāpēc 17. gadsimtā vācu ģeologs Abrahams Verners deva tam tagadējo nosaukumu — grafīts (grieķu valodā *grāfo* — es rakstu).

Senajā Ēģiptē un Ķīnā rakstīšanai uz pergamenta (teļa ādas), papirusa un beidzot uz papīra izmantoja krāsas, tušu un tinti. Tā kā visas minētās vielas ir neērtas, jo tās jāatšķaida, jāglabā pudelītēs un pie tam vēl jāuzmanās, lai tās neizlītu, tad cilvēki sāka meklēt cietas vielas.

Mākslinieki jau no seniem laikiem saviem uzmetumiem un skicēm lietoja ogli. Viduslaikos Vācijā un tās kaimiņu zemēs vēstuļu rakstīšanai sāka lietot svina irbulīšus, no kā vācu valodā saglabāties zīmuļa nosaukums *Bleistift*, kas burtiskā tulkojumā nozīmē — svina zīmulis.

Tagad zīmuļos svina vietā atrodas grafīts. Zīmuļu ražošanai grafītu sasmalcina un sajauc ar augstas kvalitātes ugunsizturīgiem māliem, pie kam mīkstos zīmuļos lieto grafītu, kam pievienots 20% mālu, bet cietākajos ir pat līdz 60% mālu.

Galvenā grafīta patērētāja ir smagā rūpniecība un transports. Pēdējā laikā to izmanto arī atomreaktoros. 50% no grafīta ieguves izlieto ugunsizturīgu tīģeļu izgatavošanai, kuri nepieciešami krāsaino metālu un tērauda liešanai. Šim nolūkam ir vajadzīgs kristāliskais grafīts, kas sastopams Aliberovas atradnē Tunkas kalnos (Burjatijā) un citur sīku plāksnišu (zviņu) veidā.

Sīkkristālisko grafītu, ko dažreiz sauc arī par amorfo grafītu, izmanto citām vajadzībām, jo tas nav tik tīrs kā kristāliskais un satur dažādus piemaisījumus.

Sajaucot grafītu ar vazelīnu un eļļu, iegūst lielisku smērvielu, jo grafīta zviņas, aizpildot materiāla virsmas nelīdzenumus, rada gludu virsmu, kas samazina berzi un atvieglo slīdēšanu. Ar šādu smēru ieziestus lokomotīvu riteņu gultņus nepieciešams eļļot tikai pēc vairākiem tūkstošiem kilometru. 10% no grafīta ieguves tiek izmantots tieši šādu smēru gatavošanai.

Tā kā grafīts ļoti labi vada elektrību, to lieto arī elektrodu ražošanai un elektromašīnbūvniecībā. Bez tam apmēram 2% no visa iegūtā grafīta izmanto grafīta krāsas pagatavošanai. Sajaucot grafītu ar pernicu, iegūst izturīgu, skaisti pelēku krāsu, kas ir sevišķi nodēriņa kuģu korpusu un mašīnu metālisko daļu pārklāšanai.

Galvenā grafīta piegādātāja ir Koreja, kas tirgum dod gandrīz 50% no visas pasaules grafīta ieguves. Nozīmīgas ir arī Ceilonas, Madagaskaras, Austrālijas u. c. atradnes.

Padomju Savienībā lielākās grafīta atradnes ir Sibīrijā un Ukrainā. Sevišķi augstas kvalitātes grafīts ir Botogolas atradnē Austrumu Sajānos.

### *Dimants — dabas cietākais minerāls*

Skaistākos dimantus kā jau dārgakmeņus izmanto juvelieru izstrādājumiem briljantu izgatavošanai, bet šīm rotām izlieto tikai nelielu daļu no dimantu ieguves — pašus lielākos un dzidrākos dimanta kristālus.

Sīkākos, necaurspīdīgos un ar grafīta piemaisījumiem nokrāsotus tumšākos kristālus, t. s. karbonado (no spāņu valodas *carbonado* — pārrogļojies) turpretī izmanto tehnikā, kur izlieto apmēram 80% no visas pasaules dimantu ieguves. Izrādās, ka dimantu krāšņums



un vienreizējais mirdzums nav to vienīgā vērtīgā īpašība. Jau pats minerāla nosaukums, kas grieķu valodā nozīmē «pats cietākais» jeb «neuzvaramais», liecina, ka dimants ir viscietākais no visiem minerāliem. Un tiešām, ar dimantu var griezt visu — gan akmeņus, gan metālu, gan stiklu. Dimants ir katrā stiklinieka labākais draugs, jo pietiek ar dimanta šķautni pārvilkt pār stiklu, lai tur rastos dziļa skramba un stiklu varētu pārlauzt izvēlētajā vietā. Optiskajos aparātos ar asu dimanta smailīti stiklā iezīmē ļoti smalkas iedaļu svītras un uzrakstus. Bez dimanta nevar iztikt arī rūpnīcās, jo darbgaldu griežņos iestiprināts dimants ātri sagriež viscietākos metālus. Ar pateicību šo minerālu piemin ģeologi, jo ar dimanta kronīti apgādātās urbju galviņas dod iespēju urbšanas darbus veikt trīskārt ātrāk un divkārt lētāk, nekā lietojot parasto tēraudu.

Lai izgatavotu stieplītes, kas tievākas par matu, volframa, molibdena, vara vai kāda cita metāla pavedienu velk caur matrici (plāksnīti ar noteikta izmēra caurumiņiem — fileriem, kuru diametrs ir tikai 0,001—2 mm). Lai arī kāds būtu matricēs materiāls, filieri ar laiku izdilst, to diametrs stipri palielinās un plāksnīte vairs nav derīga. Ja turpretī matrici izgatavo no dimanta kristāla, tās mūžs ir daudzreiz garāks nekā jebkuram citam cietākam materiālam.

Kaut gan dimanta cietība ir liela, tas tomēr ir ļoti trausls, un pietiek ar vienu āmura sitienu, lai tas sadruptu sīkos gabaliņos. Ar šādu dimanta pulveri slīpē optiskos stiklus teleskopiem un mikroskopiem, kā arī citus dārgakmeņus un pašus dimantus.

Dimantu lielās vērtības dēļ ir bijuši neskaitāmi mēģinājumi izgatavot tos mākslīgi. Ilgus gadus šiem mēģinājumiem nebija nekādu panākumu, tāpēc pilnīgi saprotams, kādu interesi 1955. gadā izraisīja amerikāņu

firmas «General Electric Company» ziņojums, ka šīs firmas līdzstrādnieki Bandijs, Halls, Strongs un Ventorfs ieguvuši ar augstu spiedienu (100 000 atmosfēras) 2600° temperatūrā pirmos mākslīgos dimanta kristālus. Pēc neilga laika literatūrā parādījās raksti par dimantu sekmīgu sintēzi arī Padomju Savienībā, Zviedrijā, Holandē un Dienvidāfrikā. Pagaidām gan mākslīgie dimanti vēl ir ievērojami dārgāki nekā dabiskie dimanta kristāli.

Pazīstamākās un lielākās dimantu atradnes ir Dienvidāfrikā, Dienvidrietumu Transvālā un Kongo, kur tie sastopami vertikālās, vairāku kilometru dziļās piltuvēs starp t. s. kimberlīta jeb zilajiem iežiem, kur arī atrasti lielākie pasaules dimanti («Kalinans», «Ekscelziors» u. c.). Slavena ir arī Indija, kur atrasti pasaules skaistākie dimanti — «Orlovs», «Kohinurs», «Šahs». Jāaizrāda, ka Padomju Savienībai ilguš gadus nebija pašai savu dimantu un tikai nesen atklātas bagātas atradnes Jakutijas APSR.



## *Dārgakmeņi*

### *Dārgakmeņu īpašības*

**J**au kopš seniem laikiem cilvēki ir apbrīnojuši dārgakmeņu skaistumu. Dimanti, rubīni, safīri un smaragdī ir visdārgākie un iemīļotākie akmeņi. Ne mazāk iecienīti ir dzidrie kalnu kristāli, topāzi un akvamarīni, krāšņie ametisti, granāti un špineļi, brīnišķīgais aleksandrīts un hrizolīts, debeszilais tirkīzs, maigās pērles un zaigojošais opāls.

Tie visi ir minerāli. Atšķirībā no citiem minerāliem dārgakmeņiem piemīt sevišķi vērtīgas un retas īpašības. Pirmkārt, tiem raksturīga liela cietība, parasti ne mazāka par 6, tāpēc tos plaši izmanto arī tehnikā. Juvelieru izstrādājumiem dārgakmeņus turpretī lieto krāsu skaistuma un neparastā mirdzuma dēļ.

Vairums dārgakmeņu, piemēram, rubīni, safīri, smaragdī u. c. ir caurspīdīgi, ar brīnišķīgu krāsu mirdzumu, tādēļ rodas iespaids, it kā tie paši izstarotu gaismu.

Acīm redzot tādēļ arī vecie Urālu meistari dārgakmeņus nosaukuši par *самоцветы*.

Spīdums ir minerāla īpašība atstarot uz tā kritošos gaismas starus. Spīdums ir atkarīgs galvenokārt no minerāla gaismas laušanas koeficienta un ķīmiskās saistes veida, turpretī dārgakmeņa krāsa spīdumu tikpat kā neietekmē. Jo lielāks ir gaismas laušanas koeficients, jo intensīvāks ir dārgakmeņu spīdums. Piemēram, dimanta gaismas laušanas koeficients ( $N = 2,40—2,46$ ) ir ievērojami lielāks nekā citu minerālu gaismas laušanas koeficients, tādēļ arī tam ir izcils spīdums.

Dārgakmeņiem piemīt arī t. s. gaismas dispersija — īpašība gaismai, ejot cauri kristālam, sadalīties atsevišķās spektra krāsās. Baltā gaisma sastāv no sarkanas, oranžas, dzeltenas, zaļas, zilās un violetas krāsas. Dimantos gaisma sadalās visās spektra krāsās, tādēļ tie mirdz līdzīgi varavīksnei.

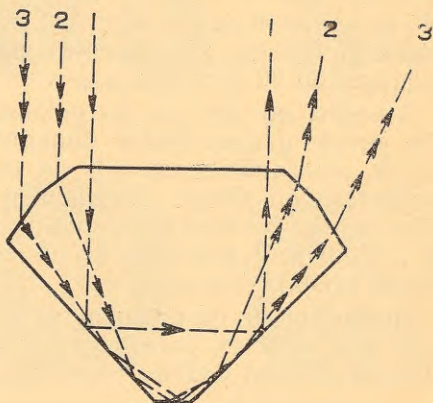
Sevišķi raksturīga ir dārgakmeņu ķīmiskā izturība. Laika gaitā tie simtiem un tūkstošiem gadu iztur parastās temperatūras svārstības un ir inertī pret gaisu, mitruma un dažkārt pat pret daudzu ķīmisku reaģentu iedarbību. Tādēļ arī nav brīnums, ka no zemes dzīlēm izceltie dārgakmeņi neko nav zaudējuši no sava sākotnējā krāšņuma, kaut arī ir atradušies zemē daudzus gadu tūkstošus.

Lai labāk atklātu minerāla iekšējo skaistumu un izceltu akmens krāsu, zīmējumu, spīdumu u. c. īpašības, dārgakmeņus slīpē un pulē. Juvelieris, slīpējot dārgakmeni, izvēlas tādu formu, lai katrs gaismas stars, kas ieiet minerālā, pēc laušanas un atstarošanas atgrieztos atpakaļ (18. att.). Apstrādājot dārgakmeņus, jāzina slīpēšanas paņēmieni, lai forma akmenim būtu vispiemērotākā šai «gaismas spēlei».

Tomēr dažreiz gadās, ka forma nav izvēlēta pareizi



un dārgakmens jāpārslīpē, bet visa tā rezultātā akmens kļūst ievērojamī mazāks. Tā nācās pārslīpēt vienu no lielākajiem pasaules dimantiem «Kohinuru» (persiešu valodā *Kohinoor* nozīmē «Gaismas kalns»). Neapstrā-



18. att. Gaismas atstarošanās dimanta kristālā.

dātā veidā tas svēra 180 g, bet pēc pirmās apstrādes — tikai 37 g. Pēc trešās slīpēšanas tas zaudēja vēl 16 g, toties kļuva bezgala skaists.

Padomju meistari ir teicami apguvuši minerālu slīpēšanu. Juvelieri (Maskavas juvelieru un pulksteņu fabrikā, Sverdlovskas juvelieru fabrikā un citur) slīpē visdažādākos dārgakmeņus: ametistu, jašmu, safīru, dūmu kvarcu, malahītu. 1963. gada janvārī Sverdlovskas juvelieri nosvinējuši īpatnēju jubileju, proti, noslīpējuši 25 tūkstošo briljantu.

Lielā cietība, brīnišķais mirdzums, skaistās krāsas, ķīmiskā izturība, slīpēšanas iespējas utt. — visas minētās īpašības kopā padara dārgakmeņus sevišķi vērtīgus. Dārgakmeņu cenu vēl paaugstina arī mazā izplatība dabā un lielās grūtības to iegūšanā.

Pēc padomju mineraloga A. Fersmaņa un vācu zinātnieka M. Bauera klasifikācijas, pie dārgakmeņiem piekaitāmi ap 60 minerālu.

Atkarībā no vērtības dārgakmeņus iedala 3 grupās. Pie pirmās grupas pieder: dimants, rubīns, safīrs, smaragds, aleksandrits, špinels un evklāzs. Otrajā grupā ietilpst vidēji dārgie dārgakmeņi — topāzs, akvamarīns, berils, sarkanais turmalīns, almandīns, ametists u. c. Pēdējā dārgakmeņu grupā iedalīts granāts, tirkīzs, kalnu kristāls, halcedons u. c.

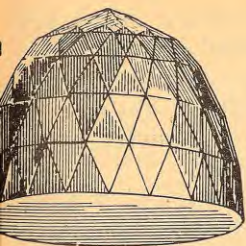
Interesanti ir dārgakmeņi ar t. s. organisko izcelšanos, proti, pērles, koraļļi, dzintars, kas jau no seniem laikiem izlietoti dažādu rotas lietu izgatavošanai.

### *No pasaules lielāko dimantu vēstures*

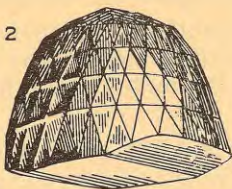
Pats skaistākais un mirdzošākais no visiem dārgakmeņiem tomēr ir dimants. Slīpējot lielākos un dzidrākos kristālus, iegūst briljantus, kuru krāšņums rada patiesu apbrīnu.

Lieli dimanti dabā sastopami ārkārtīgi reti, tāpēc to atrašana vienmēr izraisījusi vispārēju uzmanību. Pa lielākai daļai tie ir tik slaveni, ka tiek nosaukti īpašos vārdos, piemēram, «Šahs», «Orlovs», «Sansī», «Āfrikas zvaigzne», «Regents» (19. att.). Par dažiem dimantiem no paaudzes uz paaudzi saglabājušies nostāsti, kā arī atrodami rakstiski dokumenti. Pēdējie slēpj sevī ne

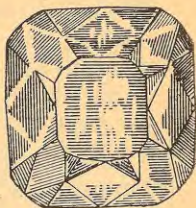




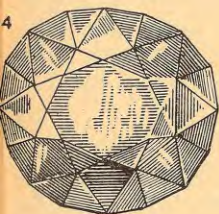
2



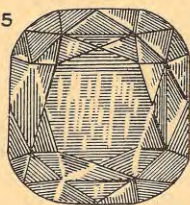
3



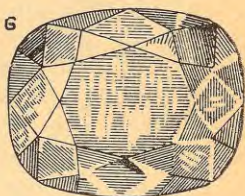
4



5



6



7



19. att. Lielākie pasaules dimanti: 1 — Lielais Mogols, 2 — Orlovs, 3 — Reģents jeb Pits, 4 — Kohinurs, 5 — Kalinans, 6 — Mediči, 7 — Šahs.

vienu vien saistošu, bet drūmu lappusi un stāsta pat par asiņainiem noziegumiem šo dārgakmeņu dēļ.

Viens no interesantākajiem «dzīves stāstiem» ir dimantam «Reģents» (to sauc arī par «Pitu»), kas saviem saimniekiem kārotās naudas un laimes vietā nereti atnesis nāvi.

Šo dimantu atrada 1702. gadā Indijā, Golkondā, kāds dimantu raktuvju vergs. Lai neviens dimants neaizietu secen raktuvju saimnieka rokām, vergi dzīvojuši necilvēcīgi grūtos apstākļos, pilnīgi nošķirti no apkārtējās pasaules. Ja arī dažkārt kādam vergam atļāva iziet ārpus raktuvju robežām, viņu ne vien rūpīgi pārmeklēja no galvas līdz kājām, bet reizumis piespieda pat ieņemt caurejas līdzekļus, lai pārbaudītu, vai kāds dimants nav slepus norīts.

«Reģenta» atradējs tomēr nolēma riskēt un dimantu paslēpa dziļi iegriezta brūcē zem apsēja. Dārgumu izdevās paslēpt, bet pēc tam vajadzēja atrisināt jautājumu, kā un kam lai pārdod šo vairāk nekā 80 g smago dimantu. Reiz viņš savu noslēpumu atklāja kādam angļu jūrniekam, kas solīja viņam palīdzēt bēgt. «Reģents» tomēr neatnesa laimi savam pirmajam saimniekam — dimantu viņam nodevīgi atņēma un pašu ieneta jūrā. Tālāk angļu jūrnieks to par nieka naudu pārdeva Golkondas gubernatoram Pitam, kas nosauca dimantu savā vārdā. Jūrnieks dabūto naudu ātri vien notērēja, bet vēlāk, uzzinājis «Reģenta» īsto vērtību, izmisumā pakārās. Tā šis dimants jau sākumā prasīja divu cilvēku dzīvības.

Pārejot no rokas rokā, krāšņais dimants beidzot nokļuva Francijas karaļu īpašumā, kur dabūjis savu tagadējo nosaukumu «Reģents». Vēlāk tas rotāja Napoleona I zobena rokturi. Francijas imperators bija cieši



pārliecināts, ka dimants viņam atnesīs laimi un slavu. Diemžēl, tas pazuda reizē ar zobenu kaujā pie Vaterlo.

Maskavā Padomju Savienības Dimantu fondā glabājas vairāki no pasaules lielākajiem un skaistākajiem dimantiem — «Šahs», «Orlovs» un «Sansī».

«Šaham» ir ne vien neparasta iegarena forma, bet interesi izraisa arī uzraksti uz tā plāksnēm. «Šahs» at-rasts 1591. gadā starp Golkondas upes ielejas kvarca oļiem. Tas bija 3 cm garš, mazliet iedzeltenīgs dimants. Tas tūlīt nonāca kāda Ahmadnagaras valdnieka galmā, kur vietējie meistari vienā pusē iegravēja ar persiešu burtiem īpašnieka vārdu «Šahs Burhan-Nizams II, 1000. g.» (pēc mūsu laika skaitīšanas — 1591. g.).

Vēlāk, kad Ahmadnagaru pakļāva sev Ziemeļindijas Lielie Mogoli, Šahdžahans lika iegravēt dimanta otrā pusē uzrakstu «Šaha Džehangira dēls — Šahdžahans, 1051. g.» (1641. g.).

Pēc tam dimants no Džahanabadas nonāca Delī, bet 1739. gadā, pēc Persijas uzbrukuma Indijai, reizē ar citām dārglietām to ieguva Persijas šahs Nadirs. Per-sijā uz tā pulētās virsmas tika iegravēts trešais uz-raksts — «Valdnieks Kadžars — šahs Fathāli Sultāns, 1242. g.» (1824. g.).

Ar to vēl nebeidzās «Šaha» romantiskā vēsture. Pēc tam kad 1829. gadā Teherānā nogalināja Krievijas sūtni rakstnieku A. Gribojedovu, Persijas šaha dēls — prin-cis Hosrovs mirza devās uz Maskavu un, lai iežēlinātu «balto caru», kā izpirkšanas naudu nodeva caram Niko-lajam I vienu no savas dzimtas lielākajiem dārgu-miem — slaveno dimantu «Šahs».

Dimantam, kas nosaukts grāfa Orlova vārdā, ir pus-lodes forma. Tas sver 194 karātus (1 karāts = 0,2 g) un ir ļoti dzidrs. Arī šī dimanta dzimtene ir Indija, kur tas atrasts 17. gadsimtā.

Šis neparasti krāšņais dimants sākumā rotāja kādā Indijas templī Brahmas statujas pieri. Reiz naktī kāds nepazīstams svētceļnieks šo dimantu nolaupīja. Gadu gaitā tas gāja no rokas rokā un kā dimants «Derianurs» (persiešu valodā tas nozīmē «Gaismas jūra») beidzot greznoja Persijas šaha Nadira troni. Tikai 1773. gadā tas atkal parādījās briljantu tirgū Amsterdamā un no turienes nokļuva Pēterburgā, kur to par pasakainu summu nopirka viens no bagātākajiem Krievijas augstmaņiem — grāfs Grigorijs Orlovs no kāda armēņu tirgotāja, kuram viņš bez tam vēl piešķīra arī mūža pensiju un muižnieka titulu. Dimantu Orlovs pasniedza Krievijas ķeizarienei Katrīnai II kā vārda dienas dāvanu. Līdz Lielajai Oktobra sociālistiskajai revolūcijai «Orlovs» greznoja Krievijas imperatoru scepteri un tika novērtēts par 2 339 410 rubļiem zeltā.

Ilgu laiku par pasaules lielāko dimantu uzskatīja «Braganco», kas piederēja Portugāles karalim. Tā svars līdz slīpēšanai bija 1680 karātu. 1905. gada 25. janvārī kādā Āfrikas dimantu raktuvē atrada pasaules lielāko dimantu «Kalinanu» [tas nosaukts raktuves vadītāja Tomasa Kalinana (Cullinan) vārdā], kas svēra 3025,24 karātus, t. i., 605 g. Tā kā dimanta cena ir atkarīga no krāsas, caurspīdīguma, formas un arī lieluma un pieaug proporcionāli tā svara (karātos) kvadrātam, tad «Kalinans» izrādījās tik pasakaini dārgs, ka neviens to nepirka (skaists, 1 karātu smags briljants pasaules tirgū maksā ap 500 dolāru). Tāpēc dimantu beidzot sadalīja četrās daļās un pārdeva katru daļu atsevišķi.

Līdz šim vēl nav izdevies atrast otru tik milzīgu dimantu kā «Kalinans», jo lielo dimantu svars nesasniedz 1000 karātu, piemēram, «Ekscelziors» sver 971,5 karātus, «Prezidents Vargass» — 726,6 karātus, «Džon-



kers» (atrasts 1934. g.) — 726 karātus, «Viktorija» un «Regents» — vairāk nekā 400 karātu utt. Starp desmit tūkstoš dimantiem reti kad atrodams dimants, kas svērtu vairāk par 20 g (100 karātu). Visās pasaules atradnēs vidējais dimantu svars ir tikai 0,1—0,2 karāti, t. i., 0,02—0,04 g.

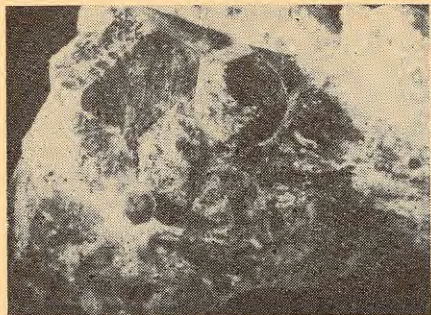
### *Padomju Savienības dimanti*

Pirmie dimanti ir atrasti Indijā 2000 gadu pirms mūsu ēras, bet, ja vien var ticēt leģendām, tie tur pazīstami jau ap 3000. gadu pirms mūsu ēras. Indija var lepoties ne tikai ar vecākajiem, bet arī skaistākajiem dimantiem, kamēr Āfrikā un Brazīlijā ir atrasti pasaules lielākie dimantu kristāli.

Ilgu laiku valdija uzskats, ka dimantus var atrast tikai zemēs ar tropisku klimatu, bet jau Mihails Lomonosovs domāja, ka arī «ziemeļu zemes dzīlēs» vajadzētu būt dārgakmeņiem, tanī skaitā arī dimantiem. Un tiešām, 1829. gadā Urālos Krestovozdviženskas zelta un platīna atradnēs 14 gadus vecais Pāvels Popovs atrada pirmo «ziemeļu» dimantu. Tagad Urālos ir zināms vismaz ap divdesmit dimantu atradņu, tikai tās ir ļoti nabadzīgas.

Vēlākajos gados dimanti tika meklēti arī citur — Kolas pussalā, Jeņisejas baseinā, Austrumu Sajānos un citur. Dimantus gan te atrada, bet tas bija tikai niecīgs atspulgs no īstās dimantu bagātības. Un tā vēl pirms 10 gadiem Padomju Savienībai nebija savu dimantu raktuvju.

Tagad stāvoklis ir krasi izmainījies. Padomju zinātnieki izmantoja Āfrikas dimantu meklētāju iegūto pie-



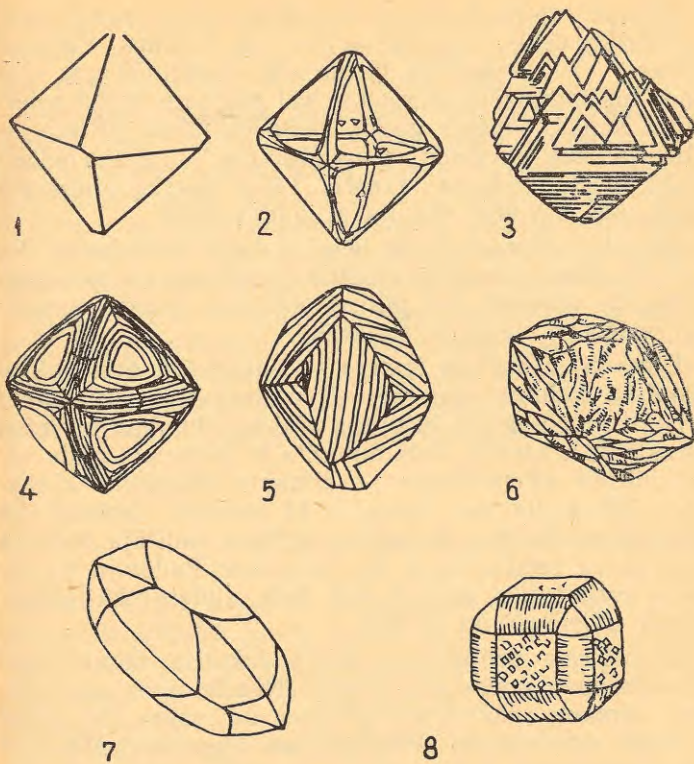
20. att. Granāti.

redzi, ka kopā ar dimantiem vienmēr atrodami sarkanie granāti — piropi (20. att.), pie kam pēdējo ir ievērojami vairāk nekā dimantu kristālu. 1953. gadā, pētot Jakutijas upju nogulumu mineraloģisko sastāvu, ģeologi diezgan bieži novēroja šo granātu paveidu, tādēļ viņiem radās aizdomas, ka šinī rajonā vajadzētu būt dimantiem. Ģeologi nebija kļūdījušies. Pēc vairāku mēnešu neatlaidīgiem meklējumiem 1954. gada rudenī ģeoloģe Larisa Popugajeva Daldinas upes ielejā atklāja pirmo kimberlīta piltuvi — «Tālie zibšņi», bet kolektors A. Dzota kopā ar ekspedīcijas strādnieku N. Borščevu tās pašas upes ielejā atrada piltuvi «Veiksmīgā». 1955. gadā Jurijs Habardins atklāja piltuves «Miers» un «Aihal»\*, kas tagad ir vienas no bagātākajām dimantu atradnēm pasaulē. Neilgā laikā šī rajona kartēs tika atzīmēts ap divdesmit jaunu dimantu atradņu, bet pēdējos gados to skaits sasniedzis jau daudzus desmitus.

---

\* Jakutu valodā *aihal* — slava.





21. att. Jakutijas dimantu formas:

1 — oktaedrs; 2 — oktaedrs ar noapaļotām šķautnēm; 3 — kristāls ar policentriski augušām šķautnēm; 4 — kristāls ar smalkām ditrigonālām augšanas kārtām; 5 — kristāls ar noapaļotām plāksnēm; 6 — rombodekaedrs; 7 — iegarenas formas noapaļots kristāls; 8 — kubiskas formas kristāls.

Viļujas rajons šodien ir pārvērties līdz nepazīšanai: tur ierīko ceļus, elektrostacijas un šahtas. Piltuves «Miers» vietā ir uzcelta pirmā iežu bagātināšanas rūpnīca, un kādreizējā taigā, kur vēl pavisam nesen brieži plūca sūnās, pēdējos gados radusies jauna pilsēta — Mirnija. Aug un veidojas arī Muhtuja — agrākā nelielā kuģu piestātne Ļenas krastā. Tā ir tuvākā apdzīvotā vieta, kas savieno Mirniju ar ūdens ceļu.

Jakutijas dimanti ir pa lielākai daļai bezkrāsaini. No krāsainajiem visvairāk izplatīti dzeltenīgie un brūngani dūmainie dimanti, bet piltuvē «Miers» atrasti dimanti arī ceriņu un melni violetā krāsā.

Dimanti ir dažāda izmēra — sastopami gan mikroskopiska lieluma, gan pat dažu desmit karātu smagi kristāli. 1956. gadā piltuves «Miers» kimberlīta iežos atrasts 32,5 karātus liels dimanta kristāls, bet gadu vēlāk piltuvē «Veiksmīgā» — dimantu saaugums «Jakutijas 325 gadi», kas svēra 54,14 karātus. Cerēsim, ka piepildīsies Ņurbas ģeoloģijas muzeja vadītāja Mihaila Gņevuševa teiktie vārdi, ka itin drīz arī Padomju Savienībā varbūt tiks atrasti tādi lieli dimanti kā «Kalinans», «Orlovs» un «Šahs».

Ģeoloģiskie pētījumi kā tālajā Jakutijā, tā arī citos mūsu zemes novados turpinās. Neatmaidīgos meklējumos dimantu pavadoņus piropus un pašus dimantus ģeologi atraduši arī Ārhangeļskas apgabalā, Mezeņas upes augštecē.

Kapitālistisko zemju sindikātu raktuvēs un dimantu laukos tagad iegūst vairāk nekā 20 miljonu karātu dimantu (apmēram 4 t) gadā. Pēc aptuveniem datiem, no zemes dzīlēm kopš dimanta atklāšanas kopumā izcelts jau ap 400 milj. karātu, t. i., apmēram 80 tonnu. Vislielākā dimantu patērētāja ir ASV, uz kuriem aiz-



plūst vairāk nekā puse no visas pasaules dimantiem. Pārējos nopērk Anglija, Vācijas Federatīvā Republika, Francija, Itālija u. c. kapitālistiskās valstis.

Līdz šim Padomju Savienība bija spiesta importēt dimantus no Anglijas, bet pēdējos gados Dimantu trests pārtrauca to piegādi mūsu zemei. Sakarā ar bagāto Jakutijas atradņu atklāšanu, kuru krājumi neatpaliek no Āfrikas atradnēm, dimantu ieguve Padomju Savienībā ir jau tik liela, ka tā spēj pilnīgi apmierināt mūsu zemes rūpniecības pieprasījumu un vajadzības.

Tā kā dimantu ieguve Padomju Savienībā ar katru gadu vēl palielināsies, tad kapitālistiskās zemes būs spiestas rēķināties ar apstākli, ka tām vairs nav dimantu bagātību monopols, un noturēt augstas šī dārgakmens cenas pasaules tirgū tām būs arvien grūtāk.

### *Dārgakmeņi — bagātību mēraukla*

Senajā Krievijā jau 11. gadsimtā bija pazīstami juvelieru izstrādājumi, kurus rotāja pērles, dzintars, kalnu kristāls un daži citi dārgakmeņi. Juvelieru māksla sevišķi uzplauka 18. gadsimta beigās un 19. gadsimta sākumā, t. i., pēc tam, kad Pēteris I 1725. gadā nodibināja Pēterhofas slīpēšanas fabriku un vairākas slīpēšanas darbnīcas Urālos un Altajā, kur bija vislielākās dārgakmeņu atradnes.

Agrāk dārgakmeņus izlietoja ieroču, bruņu, gredzenu, kaklarotu un saktu izgreznošanai, kā arī karaļu mantiju, troņu, scepteru un kroņu izrotāšanai.

Sevišķi lielā cieņā dārgakmeņi bija senajā Romā, kur aristokrātiem piederēja milzīgas bagātības. Tā Romas



22. att. Dārgakmeņiem izrotāta mantija 17. gs. (Ieroču palātā Maskavā).

imperatora Kaligulas sieva reiz ieradusies ballē izgreznojusies ar dārgakmeņiem, kuru vērtība bija 4 miljoni sesterciju (apmēram 2,4 miljoni zelta rubļu).

Dārgakmeņus lietoja ne tikai gredzenos un kaklarotās, bet ar tiem izgreznoja arī kurpes, kausus, kaujas ratus un ieročus. Stāsta, ka Jūlijs Cēzars, viens no senās Romas lielākajiem valstsvīriem un vadoņiem, ieradies reiz teātrī ar vainagu, kas bijis izgatavots no tīra zelta un mirdzošiem dārgakmeņiem. No tā laika arī saglabājusies paraža izgreznot karaļu kroņus, kā arī viņu parastās galvassegas ar dārgakmeņiem. Piemēram, vācu ķeizaram Kārlim V bijuši vairāki desmiti kroņu, cits par citu skaistāks, izgreznoti pērlēm, dimantiem, rubīniem, ametīstiem un vēl daždažādiem dārgakmeņiem. Francijas karalis Indriķis III savukārt ļoti mīlēja gredzenus (viņam piederēja ap simts gredzenu).



turpretī Ludviķis XIV svētkos un pieņemšanās piesprauda sev briljantus 12 miljonu franku vērtībā.

Ārzemju sūtņi, kas apmeklējuši Krieviju 15. un 16. gadsimtā, rakstīja, ka viņus pārņēmušas «klusas šausmas», ieraugot cara ģimenes greznos tērpus, kas no vienas vietas bijuši nobērti dārgakmeņiem, troņus un vainagus ar dimantiem, topāziem, smaragdiem, safīriem, rubīniem u. c. dārgakmeņiem.

Uz viena no ķeizarienes Elizabetes tērpa bijis piešūts tik daudz dārgakmeņu, ka valdniece nav izturējusi tērpa smagumu un reiz ballē zaudējusi samaņu.

Sevišķa greznība galmā bija Katrīnas II laikā, kuras «vājība» bija briljanti. Pat kāršu spēlē ticis maksāts ar tiem.

Briljanti un pērles, tumši zaļie smaragdi un asins-sarkanie granāti, skaistie opāli, rubīni, špineļi, ametisti un neskaitāmi citi dārgakmeņi sakoncentrējās karaļu, caru, ķeizaru un bagātnieku rokās, radot vēl tagad izbrīnu par viņu pasakaino bagātību.

Lielas vērtības piederēja arī tempļiem, baznīcām un klosteriem: ar dārgakmeņiem izgreznoja svētbildes, svēto tēlus, dažādas relikvijas, traukus, tērpus (22. att.) un reliģiska satura grāmatas.

Pašreiz pasaules lielākās dārgakmeņu bagātības atrodas Padomju Savienībā. Maskavā Kremļa muzejā (Ieroču palātā), Dimantu fondā un Ļeņingradā Valsts Ermitāžā var apskatīt bagātīgu dārgakmeņu kolekciju, kas kādreiz piederējusi Krievijas cara ģimenei un nelieļai bagātnieku saujiņai.

Starp Ieroču palātas eksponātiem atrodas t. s. Monomaha cepure, kas izgreznota ar smalka zelta filigrānu un skaistiem dārgakmeņiem (23. att.). Turpat ir arī dimanta vainags ar vairāk nekā 1000 dimantiem. Vien-



23. att. Vladimira Monomaha cepure 13.—14. gs (Ieroču palātā Maskavā).

reizēju iespaidu atstāj cara Borisa Godunova tronis ar 876 dimantiem un 1224 rubīniem, smaragdiem, tirkīziem u. c. dārgakmeņiem, ko viņam 1605. gadā dāvināja šis Persijas šahs Abass. Skaists ir arī Kazaņas hana Mahmeta Amina zizlis no jašmas ar 160 rubīniem un 26 smaragdiem, kā arī Bogdana Hmeļņicka zizlis ar 130 dažādiem dārgakmeņiem.

Ļeņingradā glabājas vērtīga gredzenu kolekcija. Valsts Ērmitāžā atrodas vairāk nekā 10 000 gredzenu, kas rotāti galvenokārt ar dažādas nokrāsas dzelteniem zaļiem, ziliem un pat melniem briljantiem. Aprīnas vērti ir gredzeni ar Suvorova un Rumjanceva attēliem zem ļoti plānas, stiklam līdzīgas dimanta plāksnītes.

Vairāki desmiti gredzenu ir interesanti arī no mineraloģijas viedokļa, jo to rotājumam izmantoti reti dārgakmeņi — ahāts, topāzs, rubīns, hrizoberils u. c. Gan



drīz katram no šiem gredzeniem ir bijusi notikumiem bagāta dzīve, sava vēsture, jo līdz nokļūšanai muzejā tie bijuši Krievijas caru un viņu ģimenes locekļu īpašums.

Mūsu dienās dārgakmeņi cilvēku rokās nav vairs krāšņa rota vai greznuma priekšmets, bet gan brīnišķīgs materiāls, kas palīdz labāk un ātrāk strādāt.

### *Rubīns un kvantu gaismas viļņu ģeneratori*

Skaists ir arī rubīns un zilais safīrs, kas abi ir bezkrāsainā minerāla korunda ( $Al_2O_3$ ) paveidi. Jāatzīmē, ka lieli rubīna kristāli ir vēl retāk sastopami nekā lieli dimanti, tāpēc ap 3 karātus smagi sevišķi dzidri un skaistas krāsas rubīni maksā desmit reižu dārgāk nekā tikpat lieli dimanta kristāli.

Rubīnu jau sen pazinuši Indijā, Birmā un Indoķīnā, kur tas uzskatīts par svētu akmeni. Pēc indiešu ticējumiem, tas radies no dievu asins pilieniem: kur tie nokrituši, izveidojušies skaistie rubīna kristāli.

Arī tumši zilais un gaiši zilganais safīrs ir bijis pazīstams jau sirmā senatnē. Sevišķi to cienījuši senajā Romā. Par labākiem un dārgākiem uzskata rudzupuķu krāsas safīrus. Pats lielākais no visiem safīriem pasaulē sver nedaudz vairāk par 133 karātiem. Tā kā safīri dabā ir daudz biežāk izplatīti nekā rubīni, tad to cena, protams, ir ievērojami zemāka nekā rubīniem.

Lielākās rubīnu atradnes ir Birmā, bet safīru — Tai-  
zemē. Padomju Savienībā šos dārgakmeņus sastop  
paretam Vidus- un Dienvidurālos zelta smilšu sanesum-  
mos.

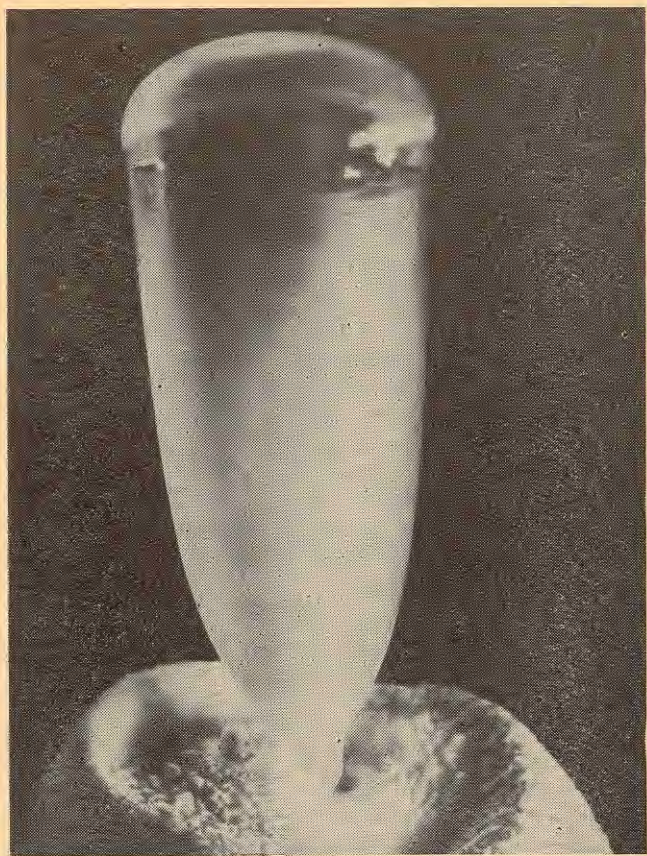
Tā kā safīram ir sliktākas tehniskās īpašības nekā rubīnam, tad to izmanto galvenokārt tikai juvelieru izstrādājumiem, bet rubīnu plaši lieto arī rūpniecībā. Rubīnu tā lielās cietības (9) dēļ izmanto kā dimanta aizstājēju, it sevišķi pulksteņu mehānismos, elektroskaitītājos un citos precīzos aparātos. Rubīnu akmeņu skaits pulksteņa mehānismā nosaka tā kvalitāti un tātad arī pulksteņa cenu.

Izpētot šī minerāla fizikālās īpašības, atklājās negaidītas iespējas izmantot to arī radiosakaru tehnikā. Izrādās, ka ar rubīna palīdzību kvantu ģeneratoros var iegūt intensīvu un precīzi virzītu monohromatiskās sarkanās gaismas staru kūli, kas ir miljonreiz stiprāks nekā atbilstoši stari saules spektrā. Tas varbūt izklausās drusku fantastiski, bet tiešām šie ļoti īsie sarkanie stari no 40 km attāluma apstaro apli 60 m diametrā. Tāpēc arī gaismas kvantu ģeneratori ir neaizstājami kosmosa pētījumos, jo nodrošina sakarus starp Zemi un kosmisko kuģi daudzu miljardu kilometru attālumā, proti, attālumā, kuru parastā gaisma noiet tikai vairākos gados. Nākotnē, domājams, tādā veidā būs iespējams nodrošināt starpplanētu radiosakarus.

Kvantu ģeneratori deva iespēju Harvarda universitātes (ASV) fiziķiem radīt pulksteņi ar sevišķi precīzu gaitu (kļūda — tikai 1 sekunde 300 gados). Izgudrojuma autori uzskata, ka ir iespējams uzbūvēt vēl precīzākus pulksteņus (kļūda — 1 sekunde 10 000 gados). Šādi pulksteņi būs neaizstājami kosmiskajā navigācijā.

So jauno ģenerācijas un radioviļņu pastiprināšanas principu pirmo reizi ieteikuši padomju zinātnieki K. Basovs un A. Prohorovs 1952. gadā, bet pirmais kvantu gaismas viļņu ģenerators konstruēts 1960. gadā ASV.





24. att. Mākslīgs rubīna kristāls  
(no «Welt der Kristalle»).

Tagad šis generators un pati metode ir plaši pazīstama ar nosaukumu *lazery*. Šis nosaukums cēlies no aparātūras nosaukuma pirmajiem burtiem angļu valodā — Light amplification by stimulated emission of radiation (*laser*), kas nozīmē — gaismas pastiprināšana ar izstarojuma stimulēšanas palīdzību. Ģeneratora galvenā detaļa ir mākslīgs rubīna kristāls ar 0,05% hroma piejaukuma. Kristāls izgatavots 40 mm gara stienīša veidā ar 5 mm lielu diametru.

Tā kā dabiskie minerāli nespēj vairs apmierināt rūpniecības pieaugošās prasības un ir arī dārgi, tad tagad tos iegūst mākslīgi pēc franču ķīmiķa Verneija metodes no alumīnija oksīda pulvera 2050° temperatūrā. Pievienojot alumīnija oksīda pulverim hroma oksīdu, iegūst skaisti nokrāsotus rubīna monokristālus (24. att.), bet safīra iegūšanai nepieciešama dzelzs un titāna oksīda piedeva.

Padomju Savienībā rubīnu un safīru iegūst pēc S. Popova uzlabotās Verneija metodes aparātā ЦП-4, kas uzstādīts PSRS Zinātņu akadēmijas Kristalogrāfijas institūtā.

Tā kā kvantu gaismas staru ģeneratori ir viens no jaunākajiem zinātnes atklājumiem, tad pašreiz vēl tikai tiek meklētas iespējas laseru praktiskai izmantošanai. Vairākas firmas ASV ražo laserus kara aparātūrai — optiskajiem vai hidrooptiskajiem lokatoriem, gaismas raķetēm utt. Izrādās, ka optiskā lokatora gaismas stars ir pilnīgi pietiekams, lai atklātu pat sīkus priekšmetus desmitiem kilometru attālumā Zemes atmosfērā un ļoti lielā attālumā kosmiskajā telpā.

Padomju Savienība un visa progresīvā cilvēce cīnās, lai zinātne un tās sasniegumi kalpotu nevis cilvēku iznīcināšanai, bet mieram. Šim mērķim kalpos arī mūsu lazery.



Berils — akvamarīns — smaragds ir vienota dārgakmeņu grupa, no kuras dabā visplašāk ir izplatīts berils —  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ . Kā dārgakmeņus izmanto tikai caurspīdīgus, bezkrāsainus vai skaisti nokrāsotus šī minerāla eksemplārus, bet pārējos izlieto metāliskā berilija iegūšanai.

Atkarībā no krāsas izšķir vairākus berila paveidus: smaragdu (zaļš, dažādos toņos un nokrāsās), akvamarīnu (gaiši zils līdz zilganzaļš), vorobjevītu (ķiršu sarkans vai dzeltensārts) un heliodoru (dzeltens).

No visiem šiem dārgakmeņiem sevišķi iecienīti ir smaragdi to īpatnējās zaļās krāsas dēļ, ko rada hroma oksīda piemaisījumi. Smaragds bijis pazīstams jau ļoti sen. Ir ziņas, ka Ēģiptē šis dārgakmens iegūts ap 3500. gadu pirms mūsu ēras. Ar smaragdu saistās daudz leģendu. Kādā no senām gruzīnu leģendām par smaragdu sacīts: «Tanī kā spogulī redzams viss noslēpumainais un atklājas nākošais.» Arābi smaragdu uzskatījuši par labāko pretindes līdzekli pret čūsku kodieniem. Šim nolūkam jāieņem 2 karātus liels sasmalcināts smaragds kopā ar pienu, un tad «ar allaha svētību cilvēks tiks izārstēts». Protams, šāds uzskats varēja izveidoties tikai tanī laikā, kad zinātnes attīstība bija uz zemas pakāpes un minerāliem piedēvēja dažādas ne-parastas un pārdabiskas īpašības.

Visbagātākās smaragdu atradnes bija Kolumbijā Muso apkārtnē, kuras savās rokās 1555. gadā sagraba spāņu iekarotāji, apspiežot nevienlīdzīgā cīņā vietējos Dienvidamerikas indiāņus. Daudz vecākas par tām ir smaragdu atradnes Ēģiptē Zebāra kalnos, Sarkanās jūras krastā. Ēģiptes atradnes līdz 16. gadsimta vidum

bija vienīgās smaragdu piegādātājas Austrumu zemēm. Krievijā smaragdu pirmo reizi atrada 1831. gadā Vidusurālos pie Takovajas upes zemnieks Maksims Koževnikovs. Šī minerāla kristāli Vidusurālu atradnēs dažkārt ir krietni lieli ( $20 \times 15$  cm), pie kam reizēm tur atrod sevišķi augstas kvalitātes un krāsas smaragdus, kas neatpaliek no labākajiem Kolumbijas eksemplāriem. Vienas no jaunākajām ir 1924. gadā atklātās atradnes Minasžeraišas štatā Brazīlijā un 1927. gadā atklātās Dienvidāfrikas smaragdu atradnes Transvālā. Pavisam nesen — 1962. gadā lielas smaragdu atradnes atklātas arī vecajā smaragdu zemē Kolumbijā pie Penjablankas.

Akvamarīns nosaukumu ieguvis no savas jūras ūdenim līdzīgās krāsas (latīņu valodā *aqua* — ūdens, *mare* — jūra). Tas sastopams Indijā, Ceilonas salā, Madagaskarā, Padomju Savienībā u. c. valstīs. Sevišķi skaisti ir Urālu akvamarīni no Murzinkas un Alabaškas raktuvēm, kur 1828. gadā atrasts 2,5 kg liels kristāls. Pēdējais tagad atrodas Ļeņingradas Kalnu muzejā un novērtēts par 42 830 rubļiem zeltā.

Pats lielākais šī minerāla kristāls pasaulē bija 1910. gadā Brazīlijas dienvidos atrastais ideāli dzidrais akvamarīns, kas sasniedza 0,5 m garumu un svēra 100 kilogramu. Milzīgo kristālu rūpīgi sazāgēja sīkākos gabalos. Un tā šis viens pats kristāls trīs gadus piepildīja akvamarīna tirgu: gandrīz vai visās pasaules akvamarīna rotās bija šī viena kristāla gabaliņi.

Ieroču palātā Maskavā glabājas pēdējā Polijas karaļa Staņislava Poņatovska sceptoris, kas izgatavots no vesela 30 cm gara akvamarīna kristāla. Arī Anglijas karaļienes kronis izrotāts ar vienu no pasaules lielākajiem akvamarīniem. Tā svars ir 184 g.



Topāzs —  $\text{Al}_2[\text{SiO}_4][\text{F}, \text{OH}]_2$  savu nosaukumu ieguvis no Topāza salas Sarkanajā jūrā, kur atrasti pirmie šī minerāla kristāli. Topāziem var būt dažāda krāsa. Bezkrāsainie un dzidrie, ūdens pilienam līdzīgie Brazīlijas topāzi sastopami ļoti reti. Biežāk tie mēdz būt dažādas nokrāsas dzeltenos toņos (vīna dzeltens, salmu dzeltens), kā arī zilganā, violetā, zaļā, sārtā un reizēm arī sarkanā krāsā. Tā Brazīlijā, Minasžeraišas štatā, atrodami gaiši zili, dzeltensarkani un vīna dzelteni topāzi. Slaveni ir arī sārtie topāzi no Madagaskaras un bezkrāsainie vai viegli iekrāsotie no Šnekenšteinas (Saksijā), Japānas un Austrālijas.

Arī Padomju Savienība var lepoties ar saviem topāziem, kas pēc krāsas, dzidruma un kristālu lieluma ieņem izcilu vietu starp pārējiem pasaules topāziem. Sevīšķi skaisti ir maigi zilie Murzinkas topāzi, sarkanvioletie topāzi no Sanarkas un Kamenkas un vīna dzeltenie, kas atrodami Sibīrijā, kalnos pie Urulgas upes. Pēdējie bija pazīstami jau 18. gadsimta beigās, un franču kristalogrāfs Renē Ajuī (Haūy, 1743.—1822.) tos nosauca par «Sibīrijas dimantiem». Dimantam vislīdzīgākie ir bezkrāsainie un maigi zilganie topāzi, kuru spīdums un cietība daudz neatpaliek no dimanta. Tāpēc nav arī brīnums, ka viens otrs veikls krāpnieks centies topāzus pārdot par dimantiem pat «augsti stāvošiem» pircējiem. Tā, piemēram, Portugāles karaļu dārgumu glabātavā mierīgi gulēja kāds liels bezkrāsains topāzs, ko kāds no karaļiem reiz bija pircis, būdams pārliecināts, ka tas ir dimanta kristāls.

Topāzi dabā sastopami labi izveidotos kristālos, kas dažreiz sasniedz ievērojamu lielumu. Ļeņingradas Kalnu muzejā glabājas 13 kg smags kristāls, kas atrasts Sibī-

rijas topāzu atradnēs. Ukrainā, Volīnijā, pēdējā laikā atrastas pegmatīta dzīslas ar unikāliem viņa dzelteniem topāza kristāliem (25. att.), no kuriem daži eksemplāri sasniedz  $12 \times 12$  cm lielu izmēru.

Neparasta ir ne tikai topāzu lielā krāsu dažādība, bet arī īpašība — gaismā, it sevišķi saulē, zaudēt krāsu. N. Kokšarovs apraksta vairākus gadījumus, kad sarkanīgi dzeltenie topāzi pēc vairākiem mēnešiem pārvērtušies neizskatīgos pelēcīgi zilganos kristālos. Tas pats, tikai mazākā mērā, notiek arī ar zilganajiem topāziem, kuru krāsa saules gaismā izbalē. Interesanti ir tas, ka šie kristāli pēc uzglabāšanas tumšā vietā pakāpeniski atkal atgūst sākotnējo toni.

### *Aleksandrīts*

Pavisam īpatnēja krāsu maiņa vērojama minerāla hri-zoberila ( $\text{BeAl}_2\text{O}_4$ ) paveidam — smaragdzaļajam aleksandrītam. Jau sen cilvēki novērojuši, ka mākslīgā gaismā, bet it sevišķi elektriskajā apgaismojumā, aleksandrīta zaļā krāsa pārvēršas violeti sarkanā. K. Ļeskova vārdiem runājot, «aleksandrītam rīts ir zaļš, bet vakars sarkans».

Pirmo reizi aleksandrītu atrada H. Nordenšilds 1833. gadā Urālos Sretjenskas raktuvēs un par godu caram Aleksandram II nosauca jauno minerālu viņa vārdā. Līdz šim aleksandrīts atrasts tikai mūsu Dzimtenē, tādēļ to var uzskatīt par tipisku Krievijas dārgakmeni, kamēr hri-zoberils sastopams arī Brazīlijā un Madagas-karā, bet tā otrs paveids — zelta dzeltenais cimofāns atrodams Ceilonā un Indijā.

Diemžēl, kā dārgakmens aleksandrīts ir maz pazīs-



25. att. Topāza kristāls

(Cernišova mineraloģijas muzejā Ļeņingradā).



tams, jo ļoti reti kad kristālā var atrast tīru, nesaplaisājušu daļiņu, no kuras varētu izskaldīt 1 karātu lielu akmeni.

Kaut arī laikā no 1833. līdz 1882. gadam, pēc statistikas datiem, iegūts vairāk nekā 80 kg šī akmens, labi izveidoti aleksandrīta kristāli ir retums. Labākos akmeņus, sevišķi 1839. gadā, kad notika aleksandrīta intensīva ieguve, pārdeva uz ārzemēm. Vēlāk aleksandrītu aizmirsa, jo vairāk tika pieprasīts zaļais smaragds. Vienīgi Maskavā Zinātņu akadēmijas Mineraloģijas muzejā tagad glabājas pats lielākais aleksandrīta gabals pasaulē. To izveido divdesmit divi kristāli, kas kopā sver 5,4 kg.

Reizē ar dārgakmeņu krāsu problēmu izvirzās jautājums par minerālu krāsu dažādību un šo dažādību cēloņiem.

Aplūkojot kādu minerālu, parasti vispirms ievērojam tā krāsu. Krāsa ir viena no raksturīgākajām minerāla pazīmēm, kas, tāpat kā cietība, bieži vien palīdz atšķirt minerālus citu no cita. Tā, piemēram, zinām, ka granāti parasti ir sarkani, sērs — dzeltens, kalnu kristāls — bezkrāsains.

Krāsa ir dažreiz pat tik raksturīga, ka atsevišķu minerālu nosaukumi, piemēram, hlorīts un rodonīts, cēlušies no to krāsas (grieķu valodā *hloros* — zaļais, *rodon* — sārtais). Gadās tomēr arī tā, ka dažiem minerāliem ir tik ļoti savdabīga krāsa, ka pēdējā savukārt tiek nosaukta minerāla vārdā. Piemēram, pazīstama ir malahītzalā, lazurītzilā un smaragdzaļā krāsa.

Nosakot minerālus, tomēr izrādās, ka krāsa vien ir pārāk nedroša pazīme, jo viens un tas pats minerāls dabā bieži vien var būt dažādās krāsās. Runājot par dārgakmeņiem, jau redzējam, ka gaiši zilais akvamarīns un zaļais smaragds ir viena un tā paša minerāla berila paveidi, jo visiem tiem ir viena un tā pati ķīmiskā formula un tie atšķiras vienīgi pēc krāsas.

Vēl lielāka krāsu dažādība ir minerālam fluorītam —  $\text{CaF}_2$ . Visbiežāk tas mēdz būt violets, bet dabā var sastapt arī dzeltenus, sārtus, zilus, ķieģeļsarkanus, zaļus un pat baltus šī minerāla kristālus.

Pēc krāsas izšķir arī vairākus kvarca paveidus. Proti, kalnu kristāls ir bezkrāsains un dzidrs, ametists — violets, dūmu kvarcs — brūngans, morions — melns, citrīns — dzeltens, rožu kvarcs — iesārts, piena kvarcs —



26. att. Dūmu kvarcs kopā ar piena kvarcu.



balts un safirkvarcs — zils. Nosaukumi gan ir dažādi, bet minerāls ir viens un tas pats — kvarcs, pats izplatītākais minerāls Zemes garozā.

Var atrast kvarcus, bet vēl biežāk turmalīnus, kuriem viens kristāla gals ir savādākā krāsā nekā otrs (26. att.). Vēl interesantāki ir daži topāzi, kas no viena sāna šķiet gaiši zili, bet no otra — dzelteni. Šo īpašību, ka minerālu krāsa ir atkarīga no virziena, kādā to apskata, sauc par pleohroizmu. Šo parādību minerālu pasaulē sastop diezgan bieži.

Bez tam dabā var novērot, ka minerālu krāsa nav nemainīga un pastāvīga. Dārgakmeņi, kā jau iepriekš atzīmēts, gaismas ietekmē reizēm izbalē, piemēram, smaragdī un topāzi ar laiku kļūst gaiši. Vēl īpatnējāk «uz-

vedas» hakmanīts — tikko atskaldītam, svaigā, lūzumā tā krāsa ir skaisti ķiršu sarkana, bet nepaiet ne 10—30 sekundes, kad minerāls kļūst pelēks. Pagaidām vēl nezinām, kādi procesi notiek minerālā, bet viens ir skaidrs: ja šo minerālu noliek dažus mēnešus tumšā vietā, tad tas atkal atgūst savu skaisto sarkanīgo krāsu.

Minerālu krāsu var pārveidot arī mākslīgi. Urālos jau sen vietējie zemnieki prata dūmu kvarcu pārvērst zeltainā kvarcā, ieliekot kristālus maizes mīklā un izcepot parastajā krāsni. Tāpat izkarsēja arī violetos ametistus, kas pēc tam kļuva zeltaini.

Tagad zinātnieki lieto citus, modernākus paņēmienus. Lai izmainītu minerālu krāsu, tos apstaro ar rādija vai ultravioletajiem stariem, kā rezultātā gaiši zilais safīrs kļūst dzeltens, bet bezkrāsainais topāzs nokrāsojas oranžā krāsā.

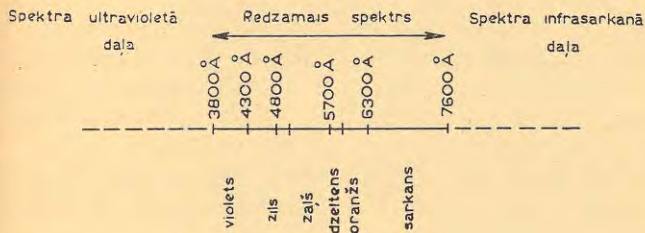
Jau sen cilvēki meklējuši atbildi uz jautājumu, kāpēc minerāliem ir tik dažāda krāsa, no kā tā atkarīga un kāpēc tā reizēm mainās.

Minerālu krāsu problēma ir ļoti sarežģīta, un tikai pēdējos gados, pateicoties fizikas un kristālķīmijas attīstībai, ir daļēji rastas atbildes uz šiem jautājumiem. Tomēr daudz kas vēl palicis neatminēts un nenoskaidrots.

Par pirmo soli krāsu problēmas noskaidrošanā jāuzskata angļu zinātnieka Ņūtona novērotā baltās gaismas sadalīšanās spektra krāsās. Reiz tumšā istabā viņš ielaidis caur mazu spraudziņu saules staru. Noliekot tā ceļā trīsstūrīgu prizmu, zinātnieks uz telpas pretējās sienas redzējis varavīksnei līdzīgas krāsas. Šo krāsu joslu Ņūtons nosauca par spektru (latīņu valodā *specio* — skatos). Analogisku parādību var novērot arī dimantiem, kas sadala saules starus spektra krāsās, kuras atgādina varavīksni.



Kāpēc tad gaisma trīsstūrīnā prizmā sadalās spektra krāsās? Noskaidrojot gaismas dabu tālāk, izrādījās, ka redzamā gaisma ir elektromagnētiskās svārstības, ko izraisa vibrējošo elektrisko daļiņu enerģijas lauka periodiskas izmaiņas. Elektromagnētisko svārstību viļņu garums jeb pilns to spektrs atrodas robežās starp viļņu



27. att. Redzamais saules spektrs.

garumiem no 0,0000001 milimikrona līdz 100 kilometriem. Diemžēl, redzamā spektra daļa, ko uztver cilvēka acs, ir tikai starp 380 (violetās krāsas robeža) un 760 milimikroniem (sarkanās krāsas robeža) (27. att.). Šajās robežās arī atrodas visas krāsas un to nianšes — violets, zils, zaļš, dzeltens, oranžs un sarkans, pie kam katrai krāsai ir noteikts viļņu garums.

No teiktā kļūst saprotama minētā baltā saules gaismas sadalīšanās, izejot cauri prizmai, spektra krāsās. Novirze prizmā no stara sākotnējā ceļa ir atkarīga no viļņu garuma, pie kam, jo mazāks viļņu garums, jo lielāks ir gaismas stara laušanas leņķis.

Un tikai pēc tam, kad bija izpētītas gaismas optiskās īpašības, kļuva skaidrs, kāpēc viens minerāls ir sarkans, bet otrs — zaļš un kāpēc minerāli vispār izskatās krāsaini.

Saules gaisma, krītot uz kāda priekšmeta virsmas, tiek vairāk vai mazāk absorbēta (uzsūkta) vai adsorbēta, t. i., atstarota no virsmas. Piemēram, spoguļa virsma gandrīz pilnīgi atstaro uz tās krītošos starus. Tāda pati parādība vērojama pie baltajiem minerāliem, kamēr melnie minerāli (28. att.) turpretī absorbē gandrīz visus uz tiem krītošos starus.

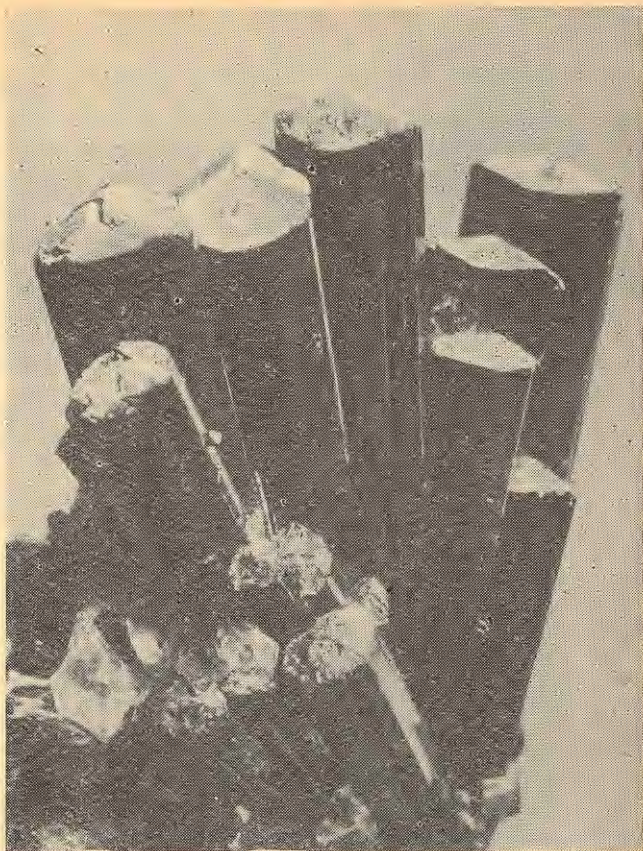
Saules spektra monohromatiskie stari parasti tiek absorbēti nevienmērīgi. Rubīns ir sarkans tāpēc, ka sarkanie spektra stari šinī minerālā absorbējas mazāk nekā pārējie un tiek adsorbēti jeb atstaroti atpakaļ. Turpretī smaragds neabsorbē spektra zaļos starus.

Ja gaismas absorbcija notiek vienmērīgi, tad visā redzamā spektra stari tiek uzsukti vienādi un šādi minerāli izskatās pelēcīgi.

Padomju zinātnieks S. Grum-Gržimailo ir noskaidrojis aleksandrīta krāsu maiņu elektriskajā gaismā. Izrādās, ka šim minerālam ir izteikta spēja atstarot kā zili zaļos (460—530 m $\mu$  intervālā), tā arī sarkanos (no 620 m $\mu$  līdz redzamo spektru staru robežai) starus. Tā kā dienas gaismā dominē zili zaļie stari, tad dienā aleksandrīts izskatās zaļš, turpretī elektriskajā gaismā ir attiecīgi vairāk sarkano spektra staru, tāpēc arī šādā apgaismojumā tie vairāk atstarojas, un minerāls kļūst sarkans.

Atsevišķu saules spektra daļu absorbcija un reizē arī minerālu krāsa ir atkarīga no vairākiem faktoriem. Pirmkārt, te jāmin Cr, Fe, Mn, Ti, Co, Ni u. c. jonu jeb t. s. hromoforu klātbūtne. Visspēcīgākais krāsas noteicējs jeb hromofors ir hroms (Cr). Hroma oksīda piemaisījumi minerālos rada intensīvu sarkanu (rubīns, pirops), zaļu (smaragds, uvarovīts) un violetu krāsu, kamēr dzelzs un titāns nosaka safīra zilo krāsu.





28. att. Turmalīna kristāli

(no «Welt der Kristalle»).

Tomēr bieži vien minerāla krāsas noslēpums nav vēl atminēts, jo ne vienmēr krāsa ir atkarīga no piemaisījumiem. Daudzos gadījumos minerāla, piemēram, mala-hīta, lazurīta, magnetīta u. c., krāsu nosaka minerāla

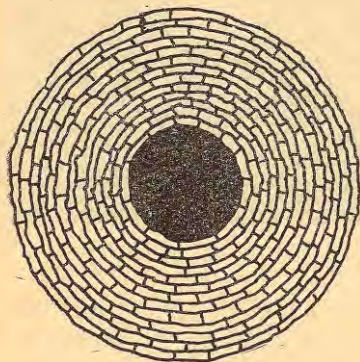
iekšējā struktūra, atomu un molekulu sadalījums pašā kristālā. Dažreiz minerāla krāsu ietekmē gaismas interference, radioaktivitāte u. c. faktori.

Minerālu krāsu problēma vēl joprojām nav galīgi atrisināta, un pētījumi tiek turpināti, tā ka nākotnē, droši vien, par krāsu noteicējiem faktoriem uzzināsim vēl daudz jauna un interesanta.

### Pērles

Minerāli parasti ir nedzīvās dabas produkts, kas radušies kalnu veidošanās procesos vai arī kādos citos iežu rašanās apstākļos.

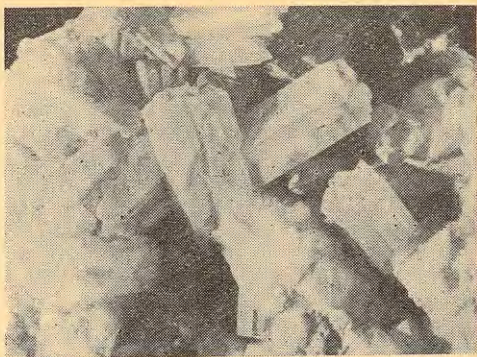
Tomēr šim likumam ir arī vairāki izņēmumi, jo izrādās, ka daži dzīvie organismi dabā ir īstas minerālu «fabrikas». Piemēram, siltajās dienvidu jūrās korāļi veido pat simtiem kilometru garas salas, kas sastāv no mikroskopiski sīkiem minerāla kalcīta ( $\text{CaCO}_3$ ) kristāliņiem.



29. att. Pērles šķērs griezumus.

Arī pērles ir šāds dzīvās dabas radīts kristālisks veidojums. Pērles rodas ne visos, bet gan tikai noteiktos moluskos — pērlēnēs (*Meleagrina* Lam., *Meleagrina vulgaris* u. c.), ja tanī iekļuvis smilšu graudiņš vai kāds cits svešķermenis, kas iztraucējis moluska «mieru». Laikam arī tāpēc japāņi dzejiski saka, ka pērles





30. att. Aragonīta kristāli  
(Dabas muzejā Rīgā).

esot moluska asaras. Aizsargāšanās nolūkos molusks ap iekļuvušo svešķermeni pakāpeniski nogulsnē kalcija karbonātu, kuru sacementē ar organisku vielu — konhialīnu. Ap moluskā iekļuvušo svešķermeni krājas slānītis pēc slānīša, līdz pēc vairākiem gadiem izveidojas pērle (29. att.).

Pērles, tāpat kā perlamutrs, sastāv no 92% kalcija karbonāta, 5% — konhialīna un 3% ūdens. Jāaizrāda, ka kalcija karbonāts ( $\text{CaCO}_3$ ) dabā var būt sastopams divos kristāliskos veidos, gan kā minerāls kalcīts (šajā veidā tas sastopams biežāk), gan kā aragonīts (30. att.). Pērlēs un pērļu perlamutra kārtiņā abi šie kalcija karbonāta paveidi ir sastopami kopā, pie kam pērles sastāv galvenokārt no aragonīta, bet perlamutrs — no kalcīta. Pērlēs kalcīts atrodas koncentriski novietotu ļoti plānu plāksniņu veidā, bet aragonīts sastopams kā radiāli starainas adatiņas, kuras kopā ar organisko saistvielu rada pērļu īpatnējo, varavīksnei līdzīgo mirdzumu.

Pērles parasti atrodas jūru un okeānu sēkļos 6—10 m dziļumā, no kurienes tās uznes augšā pārļu zvejnieri. Tikai retā pārlenē izdodas atrast kādu pārli, jo vidēji no vairākiem simtiem pārleņu iegūst vienīgi dažus karātus šī dārgakmens.

Lielas pērles atrod ļoti reti, tikpat reti kā lielus dimantus. Ir pazīstamas 134 un 126 karātus smagas pērles, kas savā laikā piederēja Spānijas karalim. Pati lielākā pārle pasaulē sver 485 karātus un atrodas kādā Londonas muzejā. PSRS Dimantu fondā glabājas slavenā pārle «Pellegrina» un dažādi pārļu izstrādājumi kopā ar dimantu un citiem dārgakmeņiem.

Pērles dārgakmeņu klasifikācijā ietvertas tikai trešajā grupā. Tam par iemeslu ir apstākļi, ka ar laiku pērles izžūst, zaudē savu sudraboto spīdumu un beigu beigās pārvēršas smalkā pulverī. Pēc juvelieru novērojumiem, pērles mūžs nav garāks par 150 gadiem, bet izžūšanas process sākas jau daudz agrāk, tāpēc viņi ieteic pērles nēsāt ik dienu, jo ķermeņa valgums pasargājot tās no kvalitātes pasliktināšanās.

Pārļu skaistuma un lielā pieprasījuma dēļ jau senatnē tika meklētas iespējas to mākslīgai izaudzēšanai. Pirmie mēģinājumi notika 13. gadsimtā, kad ķīnieši ievadīja moluska ķermenī stikla zīlīti, perlamutra lodīti vai arī kādu citu svešķermeni. Pērles šādā veidā gan izauga, bet to kvalitāte un produkcija bija ļoti zema.

Īstu, no visām pusēm simetriski izveidotu pārļu iegūšanai daudz pūļu ziedoja zoologs Alverdess, iekams 1913. gadā viņam izdevās izņemt no gliemežnīcas pirmo skaisto mākslīgo pārli. Sevišķi izplatīta mākslīgo pārļu iegūšana ir Japānā. Kopš 1921. gada Kokiči Mikimoto sāka pērles audzēt Japānas piekrastes līčos rūpnieciskos apmēros, un 1938. gadā Mikimoto uzņēmumā jau strādāja ap piecsimt cilvēku.



Pērļu izaudzēšana ir ļoti darbietilpīga un prasa ilgu laiku — mākslīgās pērles izaug 10 gados. Sākumā izvēlas jaunas gliemežnīcas, kuras ieliek speciālos pārvietojamos sprostos, lai pasargātu tās no ienaidniekiem. Ja augšanas apstākļi kļūst nelabvēlīgi, sprostus ar moluskiem var pārvietot līcī uz citu vietu. Pēc trim gadiem, kad gliemežnīcas paaugušās, izdara operāciju, proti, vienai gliemežnīcas pusei izņem mantijas virsējo kārtiņu un iestiprina tajā perlamutra lodīti. Sos maisiņus ar perlamutra lodīti pēc tam ieliek citu pērļu mantijas krokās, kur pēc kāda laika izaug pērle. Veselus septiņus gadus rūpīgi jāseko pērles augšanai, jāsegādā gliemežnīcām optimālie dzīves apstākļi.

Tādā veidā izaudzētajām Mikimoto pērlēm ir pilnīgi apaļa forma, un to kvalitāte neatpaliek no labākajām dabiskos apstākļos izaugušajām pērlēm. To vidējais lielums ir 0,4—1 karāts, bet dažreiz to svars sasniedz arī 4 karātus.

Jāatzīmē, ka arī dažās Padomju Savienības ziemeļu upēs dzīvo pērleņes. Šādas saldūdens pērleņes sastopamas visā Eiropas un Āzijas ziemeļu daļā, sākot no Ledus okeāna līdz pat Astrahaņai. Skaistākās pērles Krievijā atrastas 17.—19. gadsimtā Oņegas (netālu no Arhangeļskas), Varzugas un Umbas (Kolas pussalā) upju baseinos, kā arī pie Amūras. Dažos rajonos pērļu ieguve notiek vēl mūsu dienās, sevišķi Karēlijā, kur vienā pašā 1939. gadā Keretjas upē atrada 6800 pērļu.

Literatūrā ir norādes, ka arī Latvijā kādreiz zvejotas pērles. Saldūdens pērleņe (*Margaritana margaritifera* L.) bijusi sastopama dažās Vidzemes upēs un ezeros, bet par Kurzemes ūdeņiem līdz šim nav skaidru ziņu. Šī pērleņe dzīvojusi Gaujā, Tirzā, Pededzē, Aiviekstē, Melnupē, Amatā, Burtnieku ezerā, Daugavā pie Lielvārdes u. c. upēs.

18. gadsimta sākumā, kad notika intensīva pērļu meklēšana, Latvijas upēs izskauda tūkstošiem pērļu, tāpēc arī pēc 1750. gada sevišķi skaistas pērles vairs neatrada, jo gandrīz visas jau bija izzvejotas. Kādās upēs un ezeros pērļu patlaban sastopamas, nav noskaidrots. Jāaizrāda tikai, ka, lai atrastu īsto pērli, jābūt arī labam zoologam.

### Dzintars — Baltijas jūras dārgakmens

Pāršķirstot biezos minerālu noteicējus un pasekojot minerālu krāsai, izrādās, ka dzeltenie toņi ir diezgan liels retums. Zelta dzeltenī un caurspīdīgi ir daži Dienvidāfrikas dimanti, dzeltenī — Brazīlijas topāzi un Ceīlonas hrizoberīli.

Zelta dzeltens minerāls, kas jau no seniem laikiem saistījis cilvēka uzmanību ar savu noslēpumaino izcelšanos, brīnišķīgo krāsu un vienreizējām īpašībām, ir arī dzintars — Baltijas jūras dārgakmens.

Nevienam minerālam laikam gan nav tik daudz dažādu nosaukumu kā dzintaram. Romieši to saukuši par *succinium*, no kā arī saglabājies dzintara mineraloģiskais nosaukums — sukcīnīts, bet atkarībā no krāsas ir pazīstami arī vēl citi tā nosaukumi: gedanīts — medus krāsas vai balti dzeltens dzintars, glesīts — oranžs vai tumši brūns, bokerīts — sarkanīgi brūns, stancienīts — gandrīz melns dzintars. Baltijas jūras piekrastē atrastie dzintari parasti ir gaiši, bet apdēdujušu dzintara gabalu virsma ir tumšāka un pat iesarkana.

Dzintars var būt gan dzidrs, gan duļķains, gan pienains vai pat necaurspīdīgs. Pēc dzidruma pakāpes



dzintaru iedala 5 pamattipos: 1) dzidrs, 2) dūkains — dzidrs ar vāju, mākoņiem līdzīgu duļķojumu, 3) bastards — stipri duļķains, 4) kaula dzintars — pavisam duļķains un necaurspīdīgs, atgādina kaulu vai ziloņkaulu un 5) putu dzintars — stipri porains, nav pulējams un bieži vien satur sīkus pīrīta kristāliņus. Dzintara dzidrums resp. duļķojums ir atkarīgs no tanī ieslēgto poru, kā arī gāzu un šķidruma pūslišu daudzuma un lieluma. Kaula dzintarā ieslēgumu lielums svārstās no 0,0008 līdz 0,02 mm diametrā, un to skaits sasniedz 900 000 uz 1 mm<sup>2</sup>.

Pēc ķīmiskā sastāva dzintars atbilst sveķiem un satur vidēji 79% oglekļa, 10% skābekļa un 11% ūdeņraža. Tā kušanas temperatūra ir 350—375°. Degot, it sevišķi Birmas dzintari, dod patīkamu aromātu, tāpēc ķīnieši tos agrāk kvēpināja svētkos ceremoniju laikā.

Tā kā dzintara īpatnējais svars ir tikai 1,05—1,10, tad jūras straumes un viļņi to viegli var pārvietot reizē ar jūras aļģēm un izskalot krastā. Parasti daudz dzintara gabalu ir mūsu jūrmalā pēc lielajām rudens vētrām. Galvenā dzintara atradne Baltijas jūras rajonā ir starp Kaļiņingradu un Gdansku, kur nelieli šī minerāla gabaliņi atrodas 1—9 m biezā, t. s. zilās zemes slānī. Reizēm tomēr gadās atrast arī līdz vairākiem kilogramiem smagus dzintara gabalus.

Dzintars sastopams arī Dņepras krastos Ukrainā, Urālos, Dienvidsahālīnā, Ledus okeāna piekrastē, Birmā, Rumānijā un Sicīlijā. Rumānijā dzintaru pazīst kā rumanītu, bet Sicīlijā to sauc par simetītu. Šo atradni nozīme tomēr ir niecīgāka par bagāto Baltijas jūras atradni.

Latvijā dzintaru atrod ne tikai Kurzemes jūrmalā un Rīgas jūras līča piekrastē, bet arī diezgan tālu no jūras

krasta. Kopā ar gliemežvākiem tas sastopams pie Engures un Kaņiera ezera, Rojā, ap Kolkas ragu, Ventspilī, Liepājas un Papes ezera apkārtnē un citur.

Dzintars ir radies no pārveidotiem terciārā laikmeta priežu (*Pinus succinifera* Conw.) sveķiem. Zibens spērieni, vētru postījumi, kā arī lielais daudzums kukaiņu, dažādas sēnes un koku parazitārie veicinājuši sveķu bagātīgu atdalīšanos no ievainoto koku stumbru rētām. Pie svaigajiem sveķiem pielipuši dažādi kukaiņi (31. att.) un citi sīki dzīvnieki, retāk — augu valsts atliekas, kas dzintarā saglabājušās neskartas līdz pat mūsu dienām. Šiem ieslēgumiem tagad ir milzīga zinātniska vērtība, jo tajos redzama terciārā laikmeta fauna un flora un tie palīdz spriest par tā laika klimatu u. c. apstākļiem.

Skaistās zelta dzeltenās krāsas dēļ dzintaru iecienījuši gan mūsu senči, gan tuvākās kaimiņu tautas. Latvijā dzintaru jau kopš akmens laikmeta izlieto rotas lietu pagatavošanai. Plašāk tas izmantots Austrumprūsijā, kur bija īstās dzintara atradnes.

Dzintars bija arī izdevīgs maiņas līdzeklis, jo pret to varēja iemainīt varu, zeltu, bronzu un sāli. Sevišķi modē dzintars bija Romas impērijā Nērona valdīšanas laikā, t. i., mūsu ēras 50. gados, kad par mazu dzintara nieciņu varēja iegūt pat vergu.

17. un 18. gadsimtā dzintara apstrādāšanas māksla sasniedza augstu meistarību. Par to liecina kaut vai slavenā dzintara zāle Katrīnas pilī Puškinā (bijušajā Carskoje Selo) ar savām brīnišķīgajām dzintara mozaikām. Šo unikālo mākslas darbu Prūsijas karalis Frīdrihs Vilhelms I 1709. gadā uzdāvināja valdniecei Annai Ivanovnai. Par parādīto uzmanību imperatriese viņam aizsūtīja atbildes dāvanu — 55 gara auguma zaldātus Prūsijas karaliskās gvardes papildināšanai.



31. att. Mušiņa dzintara gabaliņā, kas atrasts Liepājas jūrmalā (cenšoties atbrīvoties, tā sašvīkojusi pusšķidrā dzintara virsu).



Ilgu laiku dzintara zāle atradās Ziemas pilī, un tikai 1760. gadā sakarā ar Carskoje Selo pils pārbūvi Rastrelli šo istabu pārcēla uz Puškinu. Lielajā Tēvijas karā, 1942. gadā, hitlerieši izlaupīja lieliskās dzintara bagātības. Stāsta, ka viņi tās esot paslēpuši Kaļiņingradā bijušajā Kēnigsbergas pilī, bet līdz pat šim laikam visi meklējumi bijuši veltīgi.

Dzintars ir ne tikai skaista rotas lieta un brīnišķīgs apdares materiāls, bet tam ir arī praktiska nozīme. Jau senos laikos bija zināma tā spēja elektrizēties. Berzējot dzintaru ar vilnas drēbi, tas elektrizējas negatīvi un pievelk sikus papīra gabaliņus. Vēl šodien tas ir viens no ātrākajiem un vienkāršākajiem paņēmieniem, kā atšķirt dabisko dzintaru no mākslīgā. Dzintars ir ļoti labs izolācijas materiāls, jo tas nevada elektrību, tāpēc to lieto precīzos aparātos, kas pēta vielas radioaktīvās īpašības.

Mūsu dienās dzintara kombinātā Jantarnoņē (Kaļiņingradas apgab.) izgatavo dažādas dzintara rotas lietas,

visvairāk — krelles, saktas, cigāru un cigarešu iemutus. Smēķētāji apgalvo, ka pēdējie piešķirot tabakai kaut kādu sevišķu aromātu un radot siltuma sajūtu.

Šajā kombinātā notiek arī plaša rotām noderīgo sīko dzintara gabaliņu pārkausēšana. Sapresējot tos zem augsta spiediena vienā gabalā, iegūst t. s. ambroīdu jeb presēto dzintaru, kas pēc ārējā izskata maz atšķiras no dabiskā un ir labs materiāls mākslinieciskajai apstrādei.

No dzintara iegūst arī tehniski vērtīgas izejvielas. To kausējot, rodas t. s. dzintara kolofonijs un blakus produkts — dzintarskābe un dzintara eļļa. Izšķīdinot kolofoniju dzintara eļļā, iegūst ļoti cietu un izturīgu laku, ko lieto tehnikā. Turpretī dzintarskābi, kā arī tās sāļi — sukcinātus un esterus izmanto ārstniecībā, krāsvielu rūpniecībā; kā piemaisījumus mākslīgām augļu esencēm un smaržvielām parfimērijā.

Zinātnieki vēl joprojām turpina pētīt dzintara īpašības un iespējas iegūt jaunus pārstrādāšanas produktus, kas nepieciešami dažādām tehnikas nozarēm.

Pašreiz dzintarskābi izmēģina lietot arī lauksaimniecībā. Izrādās, ka tā stimulē kukurūzas zaļās masas un vālišu augšanu, kā arī palielina linu šķiedru un sēklu, miežu, burkānu, zirņu, kartupeļu un vairāku citu lauksaimniecības kultūru ražu.



## Minerāli un kristāli

### Kas un kādi ir kristāli

**D**abā ik uz soļa sastopamies ar kristāliem. Kristāliski ir ne tikai minerāli, bet arī daudzi tūkstoši laboratorijās un tehnikā iegūtu neorganisku un organisku savienojumu. Kristāliski ir cukurs, citronskābe un cements. No kristāliem sastāv arī koksnes galvenā sastāvdaļa — celuloze un pat atsevišķas dzīvā organisma daļas, piemēram, acs lēca un radzene.

Vārda «kristāls» pirmsākums meklējams grieķu valodā, kur *krystallos* nozīmē — ledus. Šādā vārdā agrāk tika nosaukts minerāls kvarcs — kalnu kristāls, jo pēdējais ir tikpat dzidrs un auksts kā ledus (32. att.), tikai uzskatīja, ka kvarcs ir stiprāk sasalis nekā ledus un tāpēc nekūst.

Tagad par kristāliem uzskata dabiskus un arī sintētiski iegūtus cietus homogenus veidojumus, kuriem ir ģeometriski pareiza daudzskaldņu forma un kristāliskā iekšējā uzbūve.



32. att. Kalnu kristāls

(no «Welt der Kristalle»).

Kristālu forma ir viena no daudzajām raksturīgām minerāla īpašībām, kas, tāpat kā ķīmiskais sastāvs, cietība, krāsa un citas fizikālās un mehāniskās īpašības, palīdz atšķirt vienu minerālu no otra.

Dabā var reizēm novērot arī pretēju parādību, proti, ka vienam un tam pašam minerālam ir nevis viena, bet gan vairākas atšķirīgas kristālu formas, kā tas ir, piemēram, kalcītam (33. att.), kura kristālu formu skaits sniedzas pat vairākos simtos.

Aplūkojot visu plašo kristālu pasauli, redzam, ka kristālu ārējās formas ir ļoti daudzveidīgas. Daži kristāli

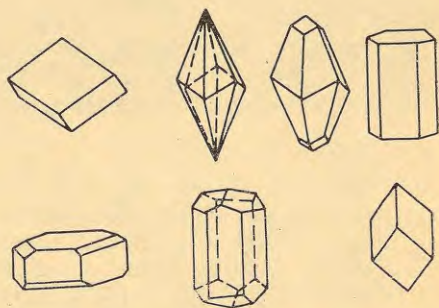


atgādina precīzas ģeometriskas figūras (34. att.), citi sastopami sīku adatiņu, plāksnišu un pat šķiedru veidā.

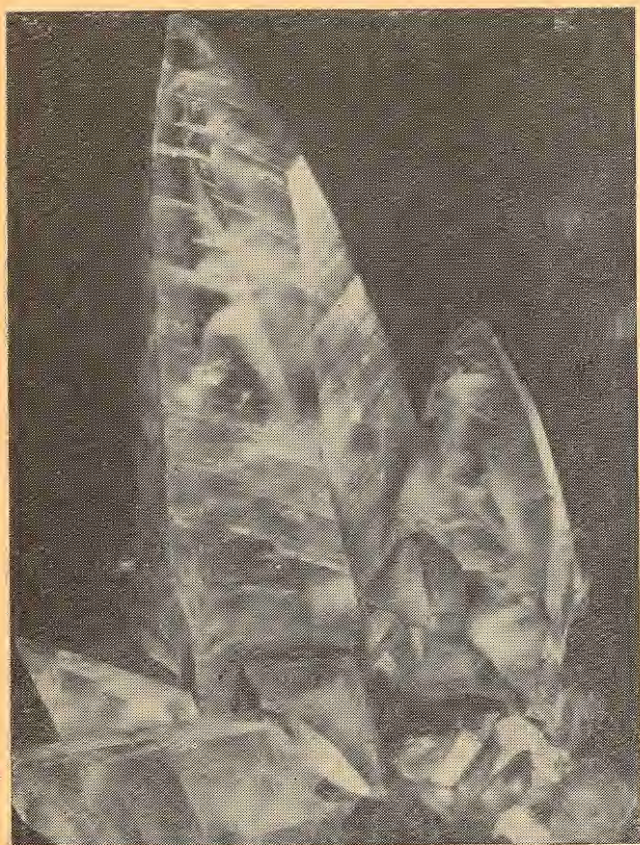
Agrāk domāja, ka kristāli ir reti sastopami un uzskatīja tos par «dabas rotaļu». Protams, labi izveidoti un lieli kristāli tik tiešām ir retums, tomēr tie atrodas mums visapkārt. Parasti gan tie ir tik sīki, ka ar neapbruņotu aci tos nevaram ieraudzīt. Ņemot talkā lupu, redzam, ka daudzi akmeņi sastāv no atsevišķiem ļoti sīkiem kristāliņiem.

Grūti atrast tādu iezi, kas nebūtu kristāliska, jo tikai 1—2% no visiem minerāliem uz Zemes izrādās amorfi (nekristāliski), piemēram, dzintars, vulkāniskais stikls jeb minerāls obsidiāns u. c.

Bieži vien kristāli ir tik sīki, ka tos nevar saskatīt pat mikroskopā, un minerālu kristāliskā daba atklājas tikai vai nu elektronmikroskopā, vai pētot ar rentgena stariem, bet dažkārt gadās tomēr atrast arī īstus milžus. Lieli kristāli ir īpaši raksturīgi t. s. pegmatīta dzīslām. 1911. gadā Urālos kādā pegmatīta dzīslā atklāja milzīgu dobumu, kurā viegli varēja iebraukt pajūgs.



33. att. Kalcīta kristālu formas.

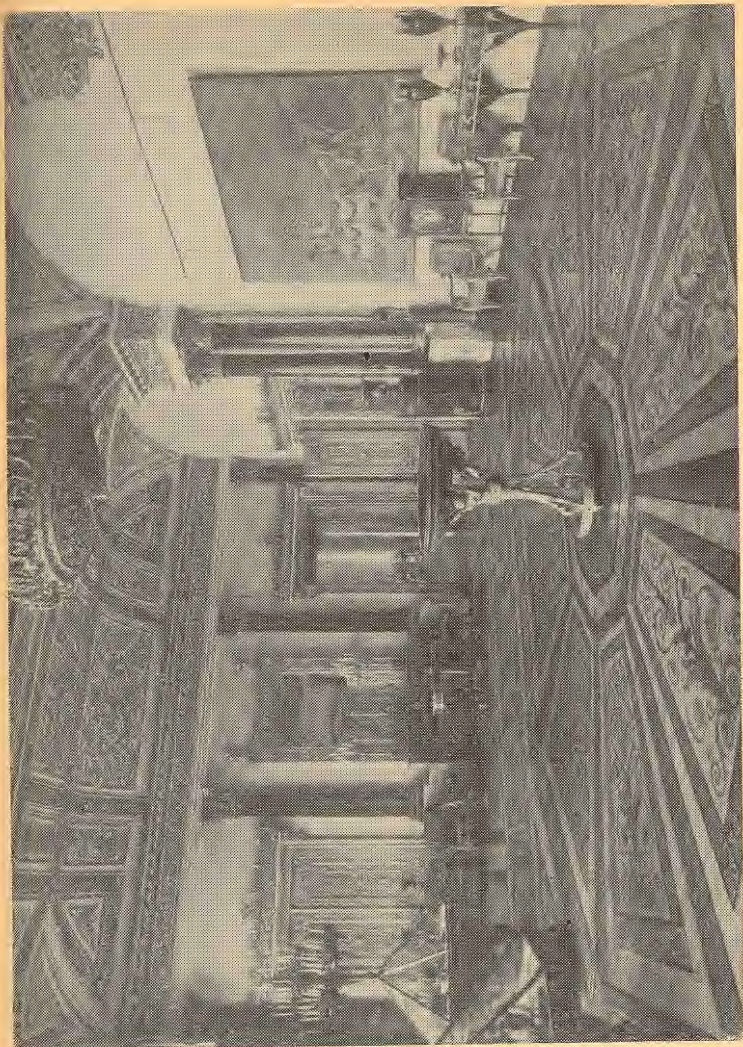


34. att. Kalcīta kristāli  
(no «Welt der Kristalle»).

Dobums bija izklāts ar lieliskiem, ap 75 centimetrus gariem dūmainā kvarca kristāliem, starp kuriem atradās brīnišķīgi gaiši zili topāza kristāli. Pats lielākais no tiem svēra 37 kilogramus.

Grandiozi var būt arī berila kristāli, kas reizēm sa-





35. att. Malahīta zāle Ziemas pilī.

sniedz cilvēka augumu un dažās vietās Spānijā tiek izlietoti par vārtu stabiem. ASV, Olbenā, ir zināmi pat 10—16 tonnu smagi berila kristāli. Kā dārgakmeņiem tiem, par nožēlu, nav nekādas nozīmes, jo tie nav dzidri un noder tikai metāliskā berilija iegūšanai.

Slaveno Ziemas pils malahīta zāli (35. att.) rotā zaļš minerāls malahīts, ko 1836. gadā atrada lielākajā pasaules atradnē — Mednorudjanskā (Nižņijtagilas apkārtnē) kā milzīgu 250 tonnu smagu blūķi. Pēdējo sadalīja atsevišķos gabalos pa 2 tonnām, no kuriem izgatavoja kolonas, galdiņus un vāzes šai vienreizēji skaistajai zālei.

Lieli nefrīta monolīti guļ arī Onotas upes gultnē (Austrumu Sajānos), bet sārtais rodonīts atrodams Urālos. Abi šie minerāli jau no seniem laikiem izlietoti mākslinieciskiem izstrādājumiem. Tie ir arī lieliski apdares akmeņi metro staciju u. c. sabiedrisko ēku izdaiļošanai.

### *Kristālu simetrija*

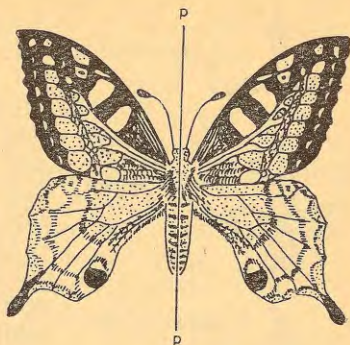
Ar kristālu ārējās formas, kā arī iekšējās uzbūves jeb kristālu struktūras pētīšanu nodarbojas kristalogrāfija — zinātnes nozare, kuras pamats ir matemātika un fizika.

Kristalogrāfi pierādījuši, ka viena no raksturīgākajām kristālu pazīmēm ir to simetrija.\* Ar simetriju, kaut arī to parasti neievērojam, sastopamies ik dienas. Simetriski ir ziedi, simetrisks ir taurenis, simetrisks ir cilvēks

---

\* Kristalogrāfijā par simetriju sauc daudzskaldni ierobežojošu vienādu elementu atkārtošanos.



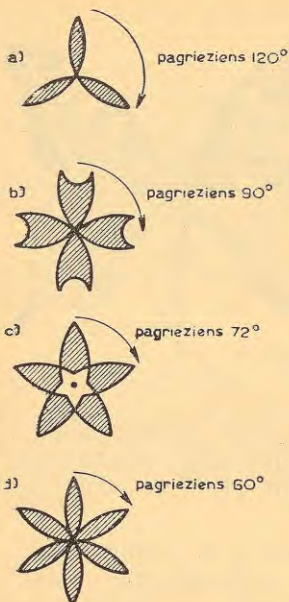


36. att. Plaknes simetrija.

pats. Tomēr simetrija katrā no šiem gadījumiem ir dažāda. Lai izprastu simetrijas dažādību, jāiepazīstas tuvāk ar t. s. simetrijas elementiem, proti, ar simetrijas plakni un simetrijas asi.

Pie cilvēka un taureņa novērojama t. s. plaknes simetrija. Ja, piemēram, taureņa vidū iedomājamies plakni PP, kas to dala divās vienādās daļās — kreisajā un labajā, tad viena taureņa puse ir it kā otras puses spoguļa attēls (36. att.). Šādu iedomātu plakni sauc par simetrijas plakni, un kristalogrāfijā to apzīmē ar burtu P.

Savādāku simetriju vērojam ziedlapiņu sakārtojumā. Simetrija te parādās, griežot ziedu ap iedomātu vertikālu asi, kas atrodas zieda vidū. Proti, pagriežot ziedu ap vertikālu līniju jeb t. s. simetrijas asi G par zināmu pagrieziena daļu, zieds periodiski ieņem stāvokli, kas neatšķiras no sākotnējā (37. att.). Ja šāda atkārtošāšanās notiek 3 reizes ik pēc  $120^\circ$  ( $\alpha$ ), tad saka, ka ziediem ir trešās pakāpes simetrijas ass, ja tā notiek turpretī



37. att. Otrās, trešās, ceturtais un piektās pakāpes simetrijas assis.

4 reizes ik pēc  $90^\circ$  (b), — tad ceturtais pakāpes simetrijas assis. Atkarībā no tā, cik reizes atkārtojas sākotnējais stāvoklis, pagriežot ziedu ap simetrijas asi pilnā aplī jeb par  $360^\circ$ , izšķir otrās, trešās utt. pakāpes simetrijas assis.

Šāda veida simetrija ir dabā plaši izplatīta un sevišķi raksturīga ziediem un sniega pārslām. Tā, piemēram, sniega pārslai ir sestās, bet ābelziedam — piektās pakāpes simetrijas assis.

Simetriski ir arī kristāli. Rodas tikai jautājums, vai jebkura tipa simetrija, kādu redzam dzīvnieku un augu valstī, sastopama arī pie kristāliem. Izrādās, ka ziediem diezgan bieži novērotā piektās pakāpes simetrijas ass kristālos nav iespējama. Nav iespējama arī lielākas pakāpes ass kā seši. Šo likumību nosaka kristālu iekšējā režģveida uzbūve. Kristā-

liem ir tikai otrās, trešās, ceturtais un sestās pakāpes simetrijas assis ( $G_2$ ,  $G_3$ ,  $G_4$  un  $G_6$ ).

Ja dzīvnieku un augu valstī simetrija bieži vien ir tikai aptuvena, tad kristālu pasaulē tā ir apbrīnojami precīza. Katrā dabas izveidotā daudzskaldnī, izņemot dažus, var atrast simetrijas plakni, simetrijas asi, kā arī citus simetrijas elementus, un katram kristālam ir noteikts šo simetrijas elementu kopums.



Kristālu pētišanā milzīgu darbu ieguldījuši krievu zinātnieki, un viņiem pieder prioritāte daudzu kristalogrāfijas likumu atklāšanā. Šeit noteikti jāmin Akselis Gadolins (1828.—1892.), kas 1867. gadā matemātiski pierādīja visus iespējamus simetrijas elementu sakopojumus un tādā veidā nonāca pie atziņas, ka visu kristālu ārējo formu lielā dažādība pakļaujas vienkāršiem un stingriem simetrijas likumiem. Izrādās, ka, sargrupējot kristālu simetrijas elementus, ir iespējami 32 kombināciju veidi, līdz ar ko kristālus var iedalīt 32 kristalogrāfiskās klasēs. Visiem dabā sastopamiem minerāliem ir kristālu formas, kas ietilpināmas kādā no šīm 32 klasēm, bet, no otras puses — dažām klasēm attiecīgu pārstāvju minerālu pasaulē trūkst.

Atsevišķām kristālu klasēm ir līdzīga uzbūve un līdz ar to arī viens vai vairāki kopēji simetrijas elementi, tāpēc kristālus var iedalīt vēl tālāk atsevišķās grupās, t. s. singonijas jeb sistēmās. Tādas sistēmas ir septiņas: kubiskā, heksagonālā, tetragonālā, trigonālā, rombiskā, monoklīnā un triklīnā.

Kristālu iedalījumu 32 kristalogrāfiskās klasēs un 7 sistēmās jeb singonijās tagad lieto visi pasaules kristalografi un mineraloģi.

### *Kristālu formas*

Kristālu formu pareizība un pilnība, tāpat kā skaldņu nevainojami gludā virsma, vēl tagad pārsteidz mūs (38. att.). Grūti ticēt, ka šādi daudzskaldņi izveidojušies dabā paši, bez cilvēka palīdzības.

Geometriski pareizās kristālu formas — prizmas, kubi, romboedri, piramīdas u. c. jau sen saistījušas



38. att. Kalcīta kristāls  
(no «Welt der Kristalle»).

dabas pētnieku uzmanību, pie kam viņi šajās formās saskatījuši arī ne vienu vien interesantu likumību.

Izrādās, ka kristālu atšķirība meklējama skaldņu formās, to skaitā un veidā, kā tās kombinējas cita ar citu. Pašas vienkāršākās kristālu formas ir kubs, oktaedrs, rombododekaedrs, pentagondodekaedrs (39. att.) un



citās. Kubu veido skaldnes, kas ir kvadrāti, oktaedra skaldnes ir vienādmalu trīsstūri, dodekaedra skaldnes — rombi un piecstūri.

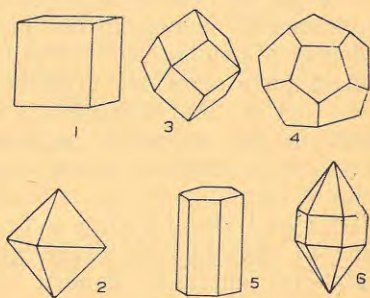
Kubam šādas pilnīgi vienādas skaldnes resp. kvadrāti ir 6, kas krustojoties dod 12 šķautnes un 8 virsotnes. Oktaedra nosaukums jau pats par sevi norāda, ka tas ir astoņskaldnis (grieķu valodā *okto* ir astoņi, bet *edr* — skaldne). Šai formai ir 8 skaldnes (vienādmalu trīsstūri), 6 virsotnes un 12 šķautnes.

39. attēlā redzamā 3. un 4. forma ir divi dažādi divpadsmitkaldņi. Pirmais ir rombododekaedrs (*rombo* — norāda skaldņu formu, *dodeka* grieķu valodā nozīmē divpadsmit), kuram ir 12 skaldnes, 14 virsotnes un 24 šķautnes. Arī otrai formai — pentagondodekaedram ir 12 skaldnes, bet tā skaldnēm ir piecstūra forma (grieķu valodā *penta* — pieci, *gon* — stūris).

No teiktā redzams, ka kristālu formu nosaukumi ir atvasināti gan no skaldņu formas, gan arī no skaita.

Dabā šādas vienkāršas kristālu formas ir samērā maz izplatītas. Biežāk sastopamas visdažādāko formu kombi-

39. att. Kristālu formas:  
 1 — kubs, 2 — oktaedrs,  
 3 — rombododekaedrs,  
 4 — pentagondodekaedrs,  
 5 — sešskaldņu prizma,  
 6 — prizmas kombinācija ar 2 sešskaldņu piramīdām.



nācijas, kur viena un tā paša kristāla skaldnēm ir atšķirīgas formas. Piemēram, attēlā redzamajai sešstūru prizmai (39. att., 5) divas pamatnes ir sešstūri, bet sešas sānu malas — taisnstūri. Kopā šai formai iznāk 8 skaldnes, 18 šķautnes un 12 virsotnes. Blakus tai parādīta viena no skaistākajām kvarca kristālu formām (6), kas sastāv no divām sešskaldņu piramīdām un vienas sešskaldņu prizmas. Šai formai ir attiecīgi 30 šķautnes, 14 virsotnes un 18 skaldnes.

Minot dažādo virsotņu, skaldņu un šķautņu skaitu, gribētos pievērst lasītāja uzmanību interesantai likumībai, kuru atklāja slavenais zinātnieks Leonards Eilers (1707.—1783.). Izpētot dažādas kristālu formas, viņš secināja, ka kristālu šķautņu skaits ir vienlīdzīgs skaldņu un virsotņu skaita summai mīnus divi. Tiešām, kubam šķautnes ir  $12 = 6 + 8 - 2$ , oktaedram arī  $12 = 8 + 6 - 2$ , toties rombododekaedram to ir  $24 = 12 + 14 - 2$ , bet sešstūru prizmai  $18 = 8 + 12 - 2$ .

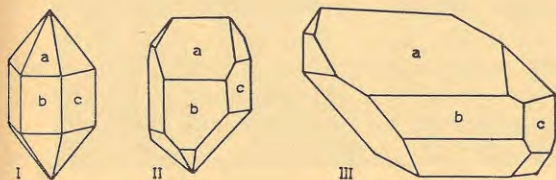
### *Kristālu līdzība un diviņi*

Tā kā katram minerālam ir noteikta kristālu forma, tad parasti vienas un tās pašas vielas kristāli atšķiras vienīgi pēc lieluma. Dažreiz tomēr var novērot, ka viena un tā paša minerāla kristālu formas nav pilnīgi vienādas, bet ir tikai līdzīgas, it kā tās būtu tuvi radnieki. Reizēm pat no pirmā acu uzmetiena ir grūti saskatīt tajās kādu līdzību, kā tas ir pie kvarca kristālu radniecīgām formām (40. att.). Viena minerāla kristālu formu atšķirība izskaidrojama ar to, ka nereti veidošanās laikā dažām skaldnēm ir bijuši labvēlīgāki, bet citām mazāk labvēlīgi apstākļi izmēru palielināšanai. Tomēr, ja



mēģināsim noslīpēt II un III kristāla atsevišķās skaldnes paralēli skaldņu virsmām vajadzīgajā dziļumā, iegūsim I kvarca kristālu formu. Šī iespēja rodas tāpēc, ka leņķi starp attiecīgajām kristāla skaldnēm ir vienmēr vieni un tie paši, piemēram, kvarcam  $ab = 141^{\circ}47'$ ,  $ac = 113^{\circ}08'$  un  $bc = 120^{\circ}$ .

Šajā leņķu vienlīdzībā arī meklējama t. s. kristālu radniecība, kuru pirmais jau 1669. gadā atklāja dānis



40. att. Kvarca kristālu radniecīgās formas.

Nikolo Steno (Nilss Stēnsens, 1638.—1687.).\* Par nožēlu, neviens no viņa laikabiedriem nepievērsa uzmanību šim ievērojamam atklājumam, un drīz vien tas tika aizmirsts. Vēl vairāk, pārtulkojot viņa grāmatu franču valodā, tulkotājs apzināti izlaida tieši to teksta daļu, kur bija aplūkota kristālu leņķu nemainība, uzskatot to par neinteresantu un neievērojamu nodaļu.

Ne reizi vien zinātnē gadījies, ka vienu un to pašu likumu atklājuši vairāki zinātnieki neatkarīgi cits no

\* Tā kā Nilss Stēnsens savas dzīves lielāko daļu pavadīja Itālijā, tad viņš attiecīgi izmainīja vārdu un uzvārdu, lai tas skanētu itāļiski.

cita. Kristālu leņķu nemainību bez Steno bija vēl novērojuši dāņu profesors Bartolins, mikroskopa izgudrotājs Lēvenhuks, vācu astronoms Keplers un arī Lomonosovs, bet viņu domas vairāku apstākļu dēļ netika ievērotas.

Un beidzot, nezinot nekā par savu priekšgājēju novērojumiem, franču mineralogs Romē de Lils (1736.—1790.) 1772. gadā no jauna nonāca pie leņķu nemainības likuma. Šoreiz šis likums iesakņojās zinātnē un kļuva par pamatu jaunas zinātnes nozares, proti, kristalogrāfijas attīstībai.

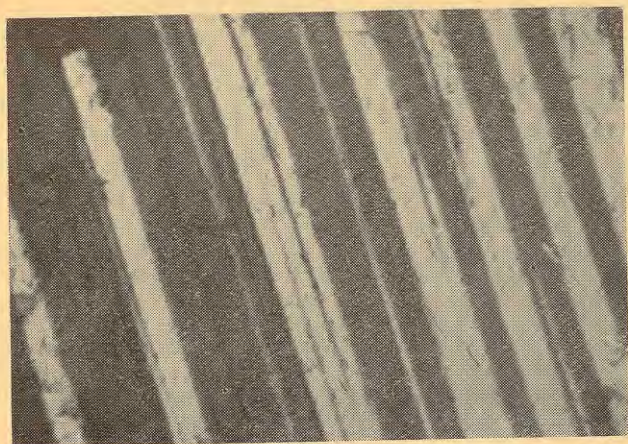
Sākās intensīva kristālu leņķu mērīšana. Tā bija pilnīga revolūcija mineraloģijā, jo izrādījās, ka daudz minerālu nebija tie, par ko tie tikuši iepriekš uzskatīti.

Vairāk nekā 10 gadus strādāja ievērojamais krievu kristalogrāfs Jevgrafs Fjodorovs (1853.—1919.), kopā ar saviem skolniekiem izmērot vairāk nekā 1800 dažādu kristālisko vielu. Pēc Fjodorova nāves 1920. gadā iznāca viņa skolnieku sastādītais minerālu noteicējs, kur tabulās atzīmēti leņķu lielumi starp kristālu skaldnēm. Fjodorova darbu turpina profesors A. Boldirevs, V. Nikitins, A. Zavarickis, un «Minerālu noteicējs» tiek vēl arvien papildināts ar jaunām kristālu struktūrām.

Minerālu noteikšanai pēc Fjodorova metodes ir nepieciešams labi izveidots kristāls, kaut arī tas būtu tikai smilšu graudiņa lielumā. Tad ar speciāla aparāta, t. s. gonimetra palīdzību izmēra leņķus starp skaldnēm un pēc Fjodorova sastādītā noteicēja atrod, ar kādu minerālu mums ir darīšana.

Ne mazums labuma ir devusi šī kristaloķīmiskā analīze. Tā, piemēram, mērot kristālu leņķus, 1938. gadā Ļeņingradas Kalnu institūta studenti atklāja ļoti vērtīgu





41. att. Plagioklāza sintētiskie dvīņi. (Mikrouzņēmums polarizētā gaisnā, palielināts 80 reižu.)

alvas rūdu — kasiterītu ( $\text{SnO}_2$ ), kas ilgus gadus institūta muzejā bija glabājies kā minerāls rutils ( $\text{TiO}_2$ ), jo pārējās pazīmes abiem šiem minerāliem ir ļoti līdzīgas. Tā bez ģeoloģisko ekspedīciju palīdzības, vienkārši mērot kristālu leņķus, uzzināja, ka Urālos sastopama arī alvas rūda.

Nupat mēs aplūkojam kristālu līdzību, bet dažreiz dabā iznāk sastapties ar vēl interesantāku parādību, proti, ar kristālu izveidotiem īpatnējiem regulāriem saaugumiem, t. s. kristālu dvīņiem. Dažiem minerāliem tie ir tik tipiski, ka atvieglo minerāla identificēšanu. Tādi, piemēram, ir rutila un kasiterīta dvīņi, kas atgādina saliektu celi, ģipša «bezdelīgastes», stavrolīta krustveida dvīņi utt.

Kristālu dvīņu veidošanās cēloņi pagaidām nav vēl pietiekami izpētīti, un pa lielākai daļai ir aprakstītas tikai novērotās kristālu dvīņu formas.

Atkarībā no kristālu saaugšanas jeb dvīņu veidošanās likumiem ir pazīstami vairāki dvīņkristālu veidi.

Viens no vienkāršākajiem ir t. s. paralēlais saaugums jeb polisintētiskie dvīņi, kur paralēli saaugušas visas vienādi orientētās kristālu skaldnes un šķautnes. Tādus polisintētiskos dvīņus var novērot dažiem laukšpatiem (plagioklāziem un mikroklīnam). Sevišķi labi tie redzami, apskatot laukšpatu plānslīpējumus polarizācijas mikroskopā (41. att.). Polisintētiskie dvīņi plagioklāziem ir tik raksturīgi, ka polarizācijas mikroskopā gandrīz vienmēr tos nekļūdīgi var atšķirt no citiem minerāliem.

Jāatzīmē, ka citiem laukšpatiem var būt arī savādāki dvīņkristāli, kas veidojušies pēc t. s. albīta, Baveno, Karlsbades, Manebahas u. c. likumiem. Šādi raksturīgi laukšpatu kristālu dvīņi pirmo reizi tika novēroti Karlsbades granītos (Čehoslovākijā), Baveno atradnē pie Lagomadžore (Itālijā) un Manebahā (Tīringā), no kurienes arī cēlies to nosaukums. Jau Gēte,\* uzturoties Karlsbadē, nodarbojies ar šo laukšpata kristālu dvīņu pētīšanu. Izrādās, ka ortoklāza kristāli saauguši pēc t. s. Karlsbades likuma tā, ka, pagriežot vienu kristālu par  $180^\circ$ , tas ieņem otra stāvokli (42. att.).

Bez šiem dvīņu veidiem dabā sastopami arī vēl citi, t. s. caurauguma dvīņkristāli. Ļoti raksturīgs piemērs tam ir minerāls stavrolīts —  $\text{Fe}[\text{OH}]_2 \cdot 2\text{Al}_2\text{SiO}_5$  (43. att.),

---

\* Lielais vācu dzejnieks bija arī tā laika pazīstams mineralogs. Viņa vārdā pat nosaukts viens minerāls — getīts, ko gan biežāk pazīst kā limonītu.

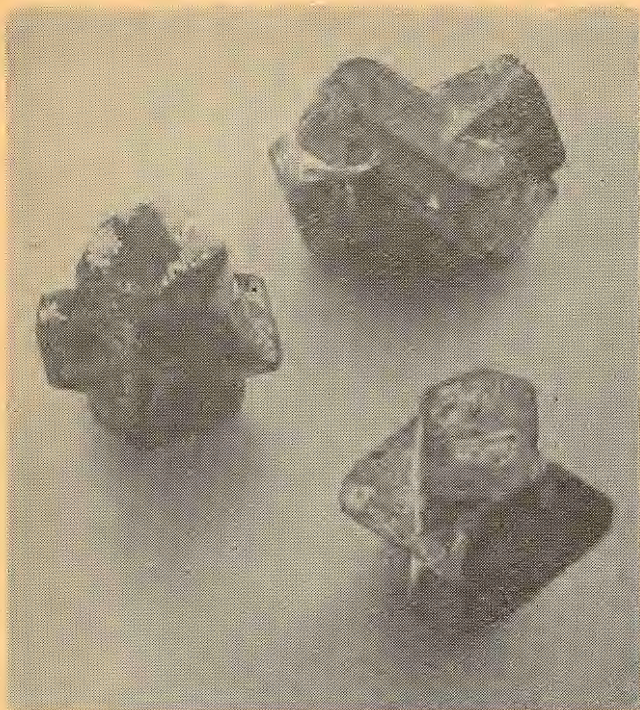




42. att. Ortoklāza kristālu dvīnis  
(no «Welt der Kristalle»).

kas veido krustam līdzīgus dvīņus, no kā arī radies minerāla nosaukums (grieķu valodā *stavros* — krusts).

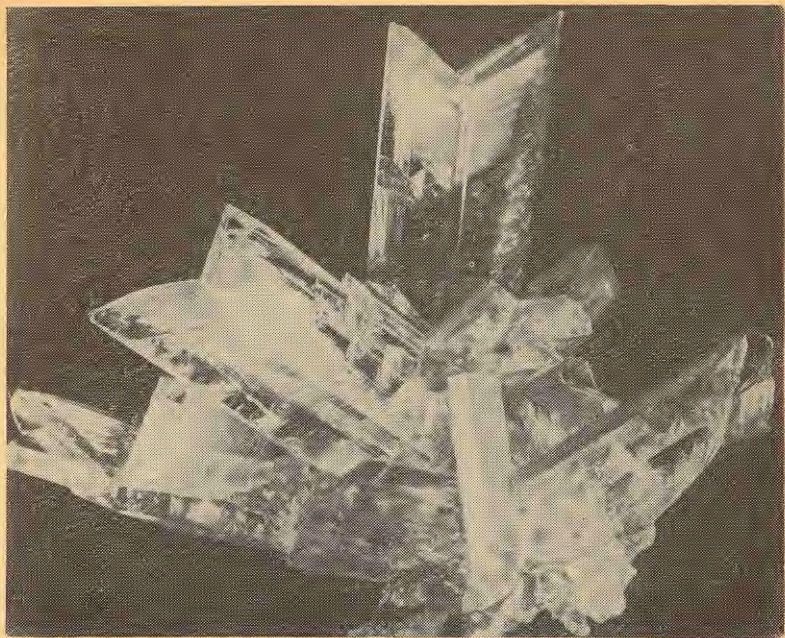
Īpatnēji ir minerāla ģipša ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dvīņi, kuriem atšķirībā no polisintētiskajiem dvīņiem paralēli



43. att. Stavrolīta kristālu diviņi  
(no «Welt der Kristalle»)

orientēta tikai daļa no kristāliskajiem elementiem. Saugot kopā divu ģipša rombveida kristālu sānu plaknēm (zem  $105^\circ$ ), izveidojas diviņkristāls, kas pēc formas ir ļoti līdzīgs bezdelīgas astei (44. att.). Tādas «bezdelīgastes» dažreiz izdodas atrast arī Latvijas ģipša nogulumos.





44. att. Ģipša «bezdelīgastes»  
(no «Welt der Kristalle»).

Aplūkojām tikai pašas raksturīgākās un dabā visvairāk izplatītās divkristālu formas, bet var sastapt arī vēl citus, ne mazāk interesantus kristālu divņus, kā, piemēram, minerālam cinobram —  $\text{HgS}$ , tenardītam —  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , kalcītam u. c.

Jāpiebilst, ka bez kristālu divņiem ir pazīstami arī trīniši, kas raksturīgi cerusītam —  $\text{PbCO}_3$ , vīterītam —  $\text{BaCO}_3$ , jeremejevītam —  $\text{Al}[\text{BO}_3]$ .

Paretam dabā izveidojas pat kristālu četriši (filipsītam, harmotomam), bet kristālu «pieciši», ja tā varētu teikt, nav vēl dzimuši.

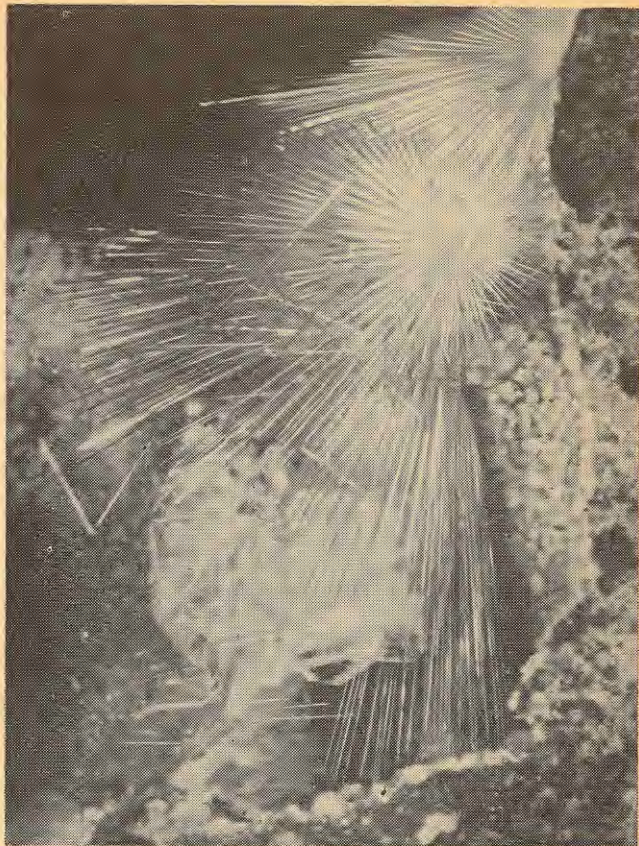
### *Kristālu agregāti*

Kristāliem ne vienmēr ir ideāli pareiza daudzskaldņu forma, daudz biežāk (atkarībā no kristāla augšanas u. c. apstākļiem) izveidojas kristālu sakopojumi — agregāti. Pēc uzbūves un ārējām pazīmēm agregāti ir ļoti daudzveidīgi. Bieži vien tie veido skaistus un īpatnējus kristālu saaugumus (drūzas, sekrēcijas, oolītus, konkrēcijas u. c.), kas patiesi var iepriecināt ikkatru dabas draugu.

Lūk, sniegbaltās, radiāli starainās minerāla natrolīta —  $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  adatiņas, kas izaugušas no viena centra un kā garas prizmas piepildījušas iezī tukšo dobumu (45. att.). No natrolīta, kā jau no ceolīta grupai piederoša minerāla, lēni to sildot līdz  $300^\circ$ , viegli atdalās ūdens, bet tikpat ātri no gaisa mitruma tas atkal tiek piesaistīts, neradot kristāla struktūrā nekādas jūtamās izmaiņas. Šādu «vaļīgi» saistītu ūdeni kristālos sauc par ceolītūdeni pretēji kristalizācijas ūdenim, kura atdalīšana neizbēgami izraisa būtiskas izmaiņas kristāla iekšējā struktūrā un līdz ar to arī rada krasas minerāla īpašību maiņas. Baltie natrolīta kristāli sastopami Urālos Ilmeņkalnos, kā arī Kolas pussalas zaļganajos nefelīna-sienīta iežos.

Nedaudz savādāks, bet tikpat skaists ir arī otrs paraugs, kur uz tumša pamata nevienmērīgi, līdzīgi īstiem ziediem ir izkaisīti minerāla kalcīta nelieli kristālu sakopojumi (46. att.). Latvijā kalcīta kristāli bieži vien

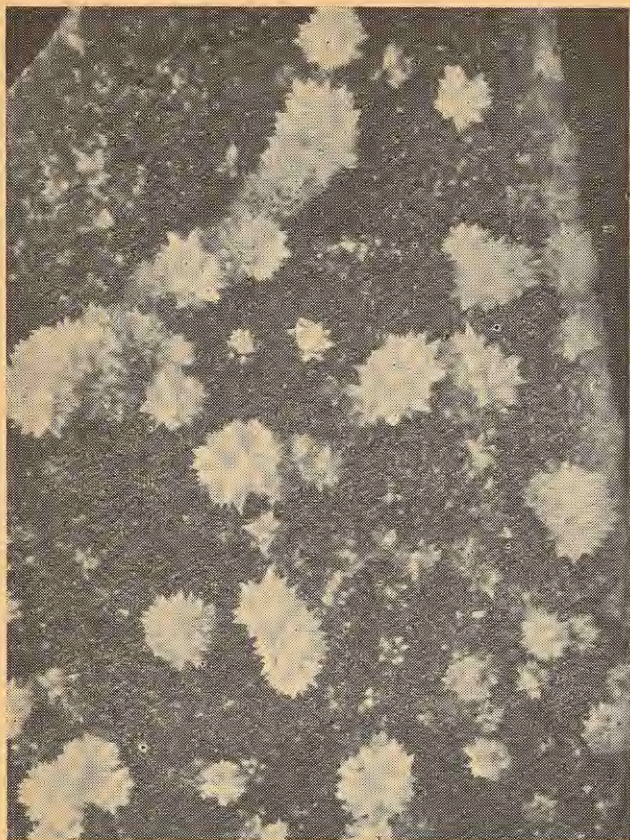




45. att. Natrolī-  
ta prizmatiskie  
kristāli  
(no «Welt der  
Kristalle»).

aizpilda dolomīta iežu tukšumus (kavernas), izveidojot  
t. s. kalcīta kristālu drūzas.

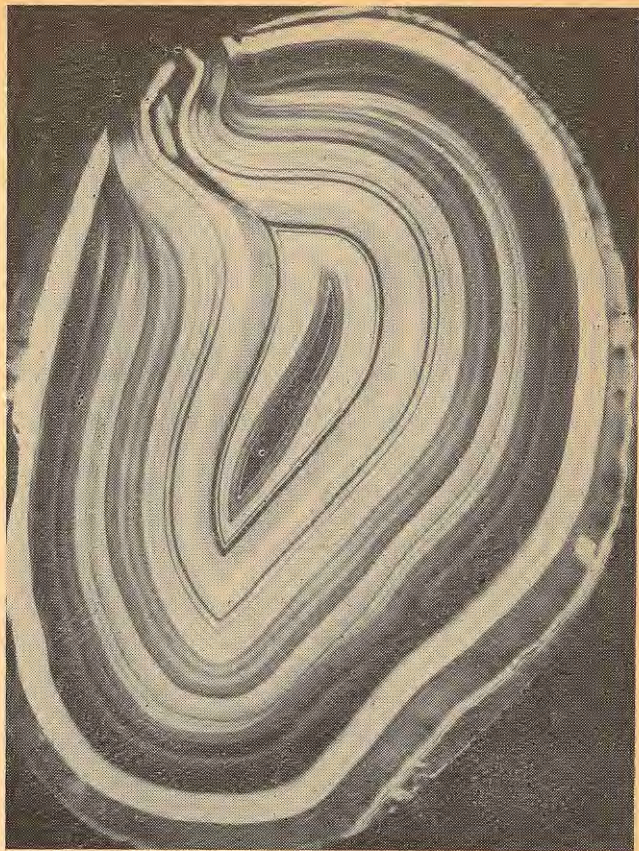
Šādus minerālu sakopojumus iežu tukšumos sauc par  
*sekrēcijām*, kas izveidojas, aizpildot iezī nenoteiktas vai,



46. att. Kal-  
cīta kristālu  
sakopojumi  
(no «Welt der  
Kristalle»).

retāk, apaļas formas tukšumus ar kristālisku vai koloī-  
dālu vielu. Raksturīgākā sekrēciju pazīme, neskaitot  
drūzas, ir koncentrisku kārtiņu nogulsnešanās, sākot no  
tukšuma sienām virzienā uz centru. Šīs kārtiņas bieži  
vien atšķiras cita no citas gan pēc krāsas, gan sastāva.





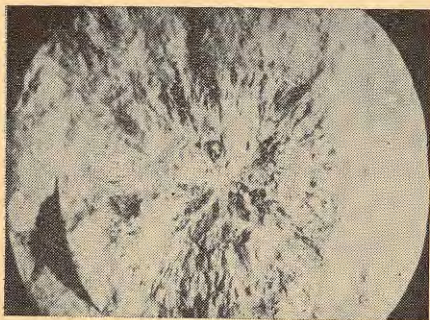
47. att. Ahā-  
ta sekrēcija  
(no «Welt der  
Kristalle»).

Sevišķi raksturīgs šāds kristalizācijas veids ir ahātam (47. att.), kas sastāv no ļoti sīkiem kvarca kristāliņiem. Ir pazīstami ap 20 dažādu ahāta veidu, bet visdārgākais ir sārtais ahāts un ahāti ar smaragda zaļām dzīslī-

ņām. Tā kā ahāts ir ļoti ciets materiāls un beržot maz dīst, to plaši lieto tehnikā piestu izgatavošanai, kas nepieciešamas laboratorijās un rūpnīcu praksē, lai samalcinātu un sagatavotu dažādas vielas ķīmiskajai analīzei. No skaistākiem ahātiem, protams, izgatavo dažādas rotas lietas un mākslinieciškus izstrādājumus. Par nožēlu, Padomju Savienībā šāda veida ahāti pagaidām nav vēl zināmi, toties tehniskais ahāts ir bagātīgi atrodamas Ahalcihes rajonā, kā arī citur Gruzijā, Armēnijā un Azerbaidžānā.

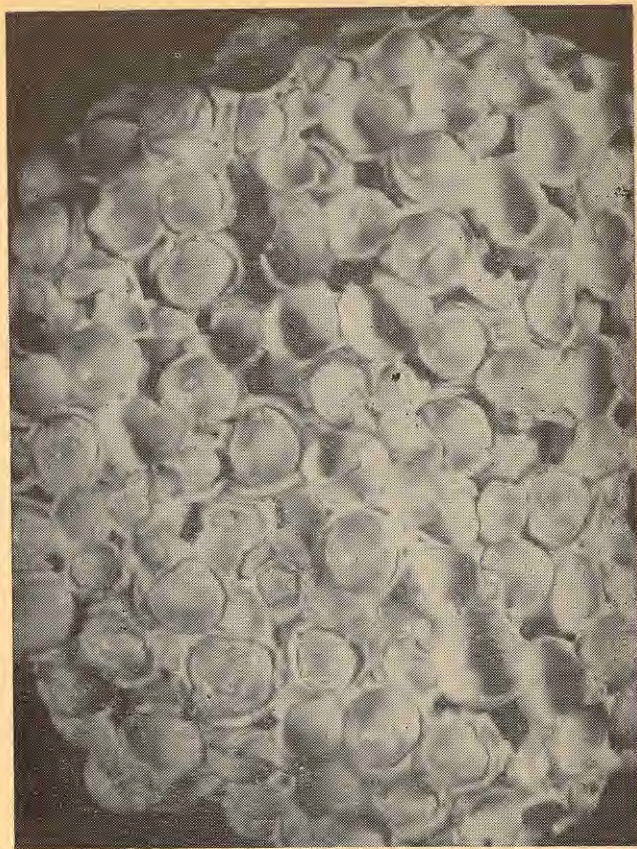
Atšķirībā no sekrēcijām *konkrēcijas* ir apaļi, sfēriskas formas veidojumi, kuru diametrs var sasniegt gan dažus milimetrus, gan pat vairākus metrus. Kristalizācija parasti sākas konkrēcijas vidū, izejot radiāli starāniem kristāliem no viena kristalizācijas centra. Visbiežāk konkrēcijas veido fosforīts, kas izmantojams lauksaimniecībā lauku mēslošanai, pirīts (48. att.), markazīts, dažreiz arī siderīts, barīts un citi minerāli.

Ļoti īpatnēji veidojumi ir t. s. *oolīti*, kas pēc savas sfēriskās formas maz atšķiras no konkrēcijām. Atšķirība ir vienīgi izmēros, jo oolīti salīdzinājumā ar kon-



48. att. Pirīta konkrēcija.



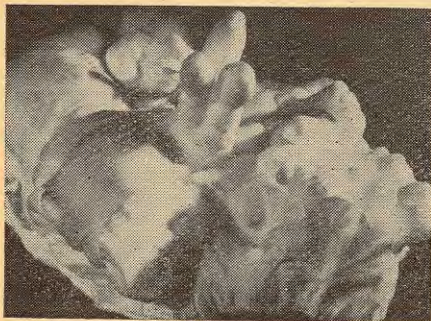


49. att. «Zirņu  
akmens»  
(Dabas muzejā  
Rīgā).

krēcijām ir daudz sīkāki (no milimetra daļām līdz 5—10 milimetriem). Tie veidojas ūdenī, minerālvielām koncentrējoties ap baktērijām, sīkām smilšu u. c. daļiņām. Krājoties aragonīta kārtiņām citai ap citu, izveidojas

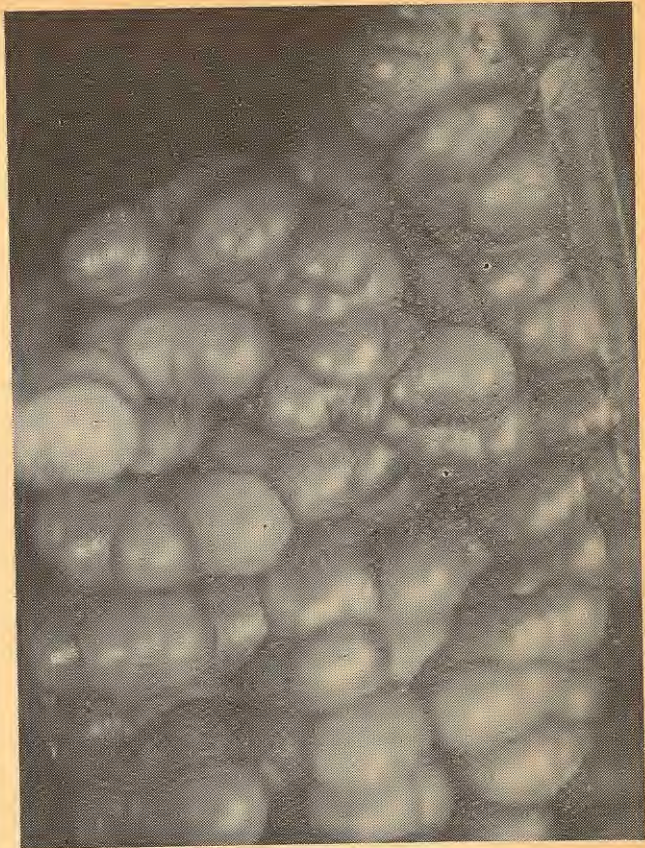
apaļas formas daļiņas, kas pēc tam, kad tās kļuvušas smagākas, nogrimst ūdens dibenā un sacementējas ar citām tādām pašām iepriekš nogrimušām sfēriskām daļiņām. Šādu nogulumu iezī atkarībā no sferolītu lieluma sauc par «ikru» vai «zirņu akmeni» (49. att.). Tas sastopams Čehoslovākijā Karlovivaros un citur. Bez aragonīta arī daži dzelzs minerāli, kā tiringīts un limonīts, var veidot oolītiskus agregātus.

Diezgan bieži dabā var sastapt arī t. s. *satecējuma formas* (50. att.), kas rodas no koloīdiem — gēliem, kas ar laiku pārkristalizējas. Sevišķi raksturīgas šīs formas ir alās, kur koloidālie šķīdumi lēni izgaro un pilienu veidā krīt no alas griestiem vai sienas uz grīdu. Vertikāli nokarājušās lāstekas sauc par stalaktītiem, bet no apakšas augošās platākās un lēzenākās lāstekas — par stalagmītiem. Pēc zināma laika stalaktīts ar stalagmītu savienojas, sacietē un izveido lielas kolonas, kā arī dažādas īpatnējas formas terases un kulises, kas sevišķi skaisti izskatās mākslīgā apgaismojumā. Šādas brīnišķīgas kalcīta un aragonīta zāles izveidojušās Krimas, Kaukāza, Čehoslovākijas u. c. apakšzemes alās.



50. att. Aragonīts satecējuma formā  
(Dabas muzejā Rīgā).





51. att. Nierveida satecējuma formas  
(no «Welt der Kristalle»).

Satecējuma formas var veidot ne tikai kalcīts un aragonīts, bet arī citi minerāli, piemēram, limonīts, opāls, malahīts, psilomelāns u. c., no kuriem daži izveido pat ļoti īpatnējas nierveida masas (51. att.). Šķersgriezumā tām vērojama koncentriski zonāla uz-



52. att. Vara dendrits

(no «Welt der Kristalle»).

būve, pie kam šīs joslas var sastāvēt vai nu no viena un tā paša minerāla (tādā gadījumā atsevišķu joslu krāsa un fizikālās īpašības ir atšķirīgas, piemēram, malahītam, limonītam), vai arī — tikai tas vērojams daudz



retāk — šīs zonas veido dažādi minerāli. Taisni šī zonālā struktūra, gaišāku un tumšāku zaļās krāsas toņu mija, rada malahīta lielo pievilcību.

Kā vieni no pēdējiem kristālu agregātu veidiem jāmin *dendrīti*, ko rada sīki, kokiem un zariem līdzīgi kristālu saaugumi. Slavenajos Indijas «sūnu ahātos» tādi dendrīti izveido it kā dīvainus kuplus mežus, krūmu, zāļu un koku biezokņus. Agrāk tos kļūdaini uzskatīja par kādreiz eksistējušiem augiem. Tagad ir skaidrs, ka dendrīti veidojas ātras kristalizācijas rezultātā, ja kristāliem netiek pietiekami ātri piegādāta kristalizācijai nepieciešamā viela. Tādā veidā kristālu stūri un šķautnes aug ātrāk nekā to skaldnes un izveidojas garas, plānas, paralēli orientētas kristālu rindas, kas krustojas zem noteiktiem leņķiem ar citām kristālu rindām, radot kokiem un zariem līdzīgos dendrītus.

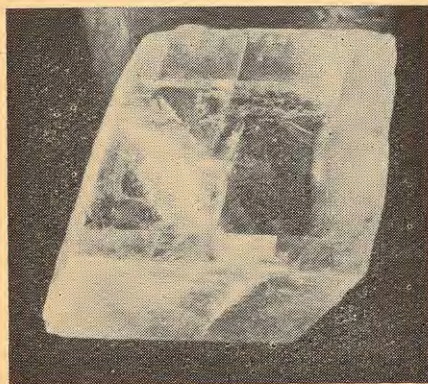
Protams, dabā ir sastopami arī īsti pārakmeņojušies augi — koki, lapas, saknes, kas reizēm tik labi saglabājušies, ka mikroskopā var atšķirt pat sīko šūnu uzbūves īpatnības.

Dendrīti ir dabā diezgan bieži sastopami, jo tā kristalizējas metāliskais varš (52. att.), sudrabs, mangāna oksīds, kā arī ziemas salā uz logiem visiem pazīstamās ledus puķes. Latvijā šad un tad dolomīta plaisās sastop zilganmelnus dendrītus, kurus veido mangāna savienojumi.

### *Kāds atklājums*

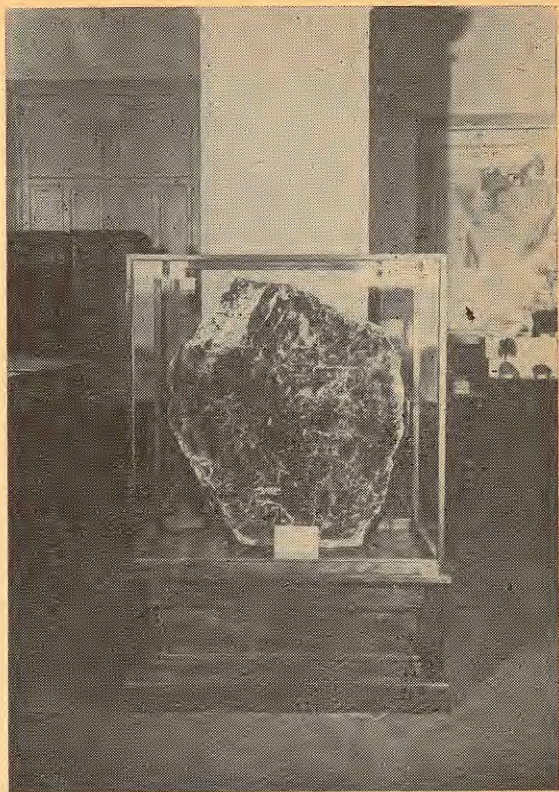
Reizē ar kristālu ārējo formu pētīšanu tika meklēti arī cēloņi un izskaidrojumi šo formu ģeometriskajai precizitātei. Tomēr pagāja vēl daudz gadu, iekams zinātnieki sāka izprast kristālu iekšējo struktūru un tās ciešo sakaru ar kristālu ārējām formām.

Nereti gadās, ka zinātnei talkā nāk kāds nejaušs gadījums, kāds negaidīts atklājums. Tā tika atklāta arī kristālu skaldnība. Kopenhāģenas universitātes matemātikas un medicīnas profesora Erasma Bartolīna (1625.—1698.) rokās reiz nonāca pilnīgi dzidri calcīta kristāli (t. s. Islandes špats), kas toreiz tikko kā bija atvesti no Helgustadaras atradnes Islandē uz Eiropu (53. att.). Bartolīns sīki aprakstīja šos kristālus un uz-zīmēja to formas. Gadījās, ka vienu no Islandes špata kristāliem viņš nejauši uzlika uz aprakstītas papīra lapas. Bet kas tad tas? Kristāls bija pilnīgi dzidrs, bet caur to redzamais teksts izskatījās it kā divreiz rakstīts. Zinātnieks aizvēra un atkal atvēra acis, bet burti vēl aizvien dubultoījās. Taisni tas pats bija redzams arī, skatoties caur otro un trešo Islandes špata kristālu, kurus Bartolīns steigā paņēma no galda. Viņa rokas no uztraukuma sāka trīcēt, un pēkšņi lielais brīnišķīgais kristāls nokrita uz grīdas un sāsītās.



53. att. Islandes špats.





54. att. Vizla  
(Cernišova ģeoloģijas  
muzejā Leningradā).

Nelaimē tomēr bija laime. Vācot kopā kristāla gabaliņus, Bartoliņs ievēroja, ka tiem ir tāda pati romboedru forma ar tieši tādiem pašiem leņķiem starp kristālu skaldnēm kā lielajam kristālam. Nejaušā atklājuma mudināts, viņš skaldīja sīkos kristāla gabaliņus tālak un atkal dabūja vēl sīkākus tādus pašus romboedrus.

Tā nejaušs gadījums, proti, Islandes špata kristāla sasišana, palīdzēja Bartolīnam atklāt t. s. kristālu skaldnību. Šim atklājumam bija liela nozīme tālākajā kristālu iekšējās struktūras noskaidrošanā.

Ne tikai Islandes špats, bet arī daudz citu kristālu atskaldās pa gludām t. s. skaldnības plāksnēm. Skaldnība ir svarīga minerālu īpašība, kura, tāpat kā cietība, krāsa u. c. raksturīgas pazīmes, jāievēro, identificējot minerālus. Ja saskalda akmenssāls kubu, tas viegli sadalās pareizos sīkākos kubos. Tādā gadījumā saka, ka minerālam ir skaidra vai pilnīga skaldnība.

Vēl labāk par akmenssāli «skaldās» vizla (54. att.), jo to jau ar pirkstiem vienā virzienā var sadalīt plānās, caurspīdīgās plāksnītēs, toties pretējā virzienā vizlu nav iespējams ne ar nazi sagriezt, ne ar āmuru saskaldīt. Izskaidrojums tam jāmeklē kristālu iekšējā uzbūvē. Ir zināms, ka vairumam kristālu savstarpējais molekulu un atomu pievilkšanās spēks nav visos virzienos vienāds, tādēļ kristālam vienā virzienā skaldnība var būt ļoti laba, bet otrā virzienā — slikta.

Ir pat minerāli, kuriem nemaz nav skaldnības. Tādi ir visi amorfie jeb nekrīstāliskie minerāli, kurus pārsitot rodas lūzuma virsma, kas dažiem minerāliem ir visai raksturīga, piemēram, gliemežnīcas lūzums vulkāniskajam stiklam un kramam, skabargainais lūzums šķiedru ģipsim un zemjainais lūzums māliem.

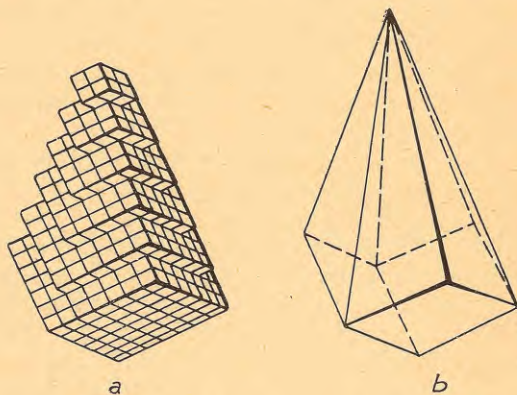
### *Kristālu iekšējā struktūra*

Bartolīna atklājums par kalcīta kristālu skaldnību palīdzēja holandiešu fiziķim Kristianam Heigensam (1629.—1695.) noskaidrot kristālu iekšējo struktūru. Tā kā kalcīta kristāli skaldot sadalās arvien sīkākos un



tādas pašas formas romboedros, Heigenss 1677. gadā izteica domu, ka kristāli sastāv no tādām pašām sīkām daudzskaldņu daļiņām, kāds ir pats kristāls.

Heigensa kristālu uzbūves teoriju 18. gadsimta beigās un 19. gadsimta sākumā attīstīja tālāk franču kristalogrāfs Renē Ajuī, kurš, tāpat kā Heigenss, savu uz-



55. att. Kristālu uzbūve (pēc Ajuī): *a* — kristāla struktūra, *b* — kristāla ārējais izskats.

skatu pamatoja uz kristālu skaldnību. Viņš domāja, ka, saskaldot kristālu aizvien mazākos un mazākos gabaliņos, beigās varēs iegūt elementārdaļiņas, t. i., tādas daļiņas, kuras nav vairs tālāk sadalāmas un kuru forma ir līdzīga kristāla sākotnējai formai.

Tā radās t. s. ķieģeļu teorija, pēc kuras kristālu uzskatīja par «celtni», kas uzbūvēta no atsevišķiem ķieģeļiem — elementārdaļiņām (55. att.). Tolaik šī teorija

deva zinātnei daudz, jo ar tās palīdzību varēja izskaidrot kristāla skaldņu un šķautņu izveidošanos.

Nedaudz gadus vēlāk franču zinātnieks Ogists Bravē (1811.—1863.) pilnveidoja kristālu uzbūves teoriju, kāda tā pamatos saglabājusies vēl līdz pat mūsu dienām. Savu teoriju viņš dibināja uz kristālu simetriju un anizotropiju\*. Tā kā kristālu īpašības paralēlā virzienā parasti ir vienādas, tad Bravē secināja, ka neatkarīgi no tā, kādas arī būtu kristālu veidojošās daļiņas, telpā tām jāizvietojas paralēlos virzienos un stingri noteiktos attālumos.\*\* Tā Bravē nonāca pie t. s. telpiskā režģa jēdziena.

Kas tad ir telpiskais režģis? Kristāls, tāpat kā ikkatrs ķermenis, sastāv no materiālām daļiņām (atomiem, joniem, molekulām), kas izvietojas kristālā stingri noteiktā kārtībā. Ir vienkārši kristāli, kas sastāv tikai no pilnīgi vienādiem atomiem, kā, piemēram, dimants un grafiīts, bet ir arī saliktas vielas, kuras sastāv no dažāda veida atomiem. Pēc Bravē kristālu uzbūves teorijas, katrā kristālā var izdalīt vismazāko atomu grupu — elementāro šūniņu, kas telpiski atkārtojas un veido kristālu. Ja kristāla uzbūvi tagad attēlo telpā, rodas kristāla «skelets», ko sauc par kristāla telpisko režģi (56. att.).

Režģa tips arī nosaka kristāla ārējo izskatu. Vissimetriskākie un visvienkāršākie ir kristāli ar kubveida elementāro šūniņu, bet vissarežģītākajos kristālos elementārā šūniņa ir slīpleņķa paralēlpipēds.

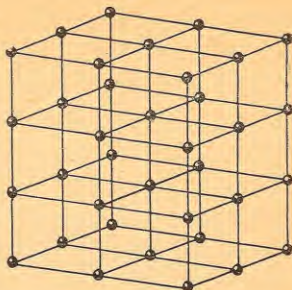
---

\* Par anizotropiju sauc ķermeņa fizikālo īpašību izmaiņas atkarībā no virziena, kādā tās nosaka.

\*\*Pēdējie ir tik niecīgi, ka tos mēra angstrēmos ( $\text{Å} = 10^{-8}$  cm, t. i., 0,000 000 1 mm). Attālumi starp kristālu veidojošām daļiņām sasniedz dažus līdz vairākus simtus angstrēmu.



Ja kristālu ārējās formas iekļaujas 32 kristalogrāfiskajās klasēs, tad to iekšējās uzbūves jeb struktūras simetrijas ir daudz sarežģītākas un bagātākas. Jevgrafs Fjodorovs 1889. gadā matemātiski pierādīja, ka pastāv 230 kristālu «būvēšanas» paņēmieni jeb, kā saka — 230 Fjodorova telpisko grupu.



56. att. Telpiskais režģis (pēc Bravē).

Apmēram 20 gadus pēc Fjodorova teorētisko slēdzienu publicēšanas viņa uzskatu pareizība tika apstiprināta arī eksperimentāli, kad 1912. gadā angļu zinātnieki Bregi (tēvs un dēls) kristālu struktūru pētīšanā sāka izmantot rentgena starus. Jau pirmās kristālu struktūras analīzes parādīja, ka rentgenogrammās atšifrētās struktūras pilnīgi sakrīt ar Fjodorova teorētiski aprēķinātajiem likumiem. Fjodorova teorija spīdoši apstiprinājās arī tālākajos kristālu struktūras pētījumos — netika atrasts neviens kristāls, kas nepiederētu pie vienas vai otras Fjodorova telpiskās grupas.

Pēc 1912. gada dažādu valstu zinātnieki — P. Debajns, A. Halls, van Arkels u. c. — uzlaboja kristālu rentgenogrāfisko pētīšanas metodi.

Tika izpētīts tūkstošiem arvien sarežģītāku dažādu kristālisko vielu struktūru. Rentgena starī palīdzēja atklāt kristālisko struktūru pat tādām vielām, ko nevienam neienāca prātā uzskatīt par kristāliskām. Māli, piemēram, nemaz nav līdzīgi kristāliem, bet padomju zinātnieki nesen pierādīja, ka arī tie sastāv no kaolinīta, haloizīta, montmorilonīta u. c. minerālu ļoti sīkām daļi-

nām, kas saskatāmas tikai elektronmikroskopā. Izrādās, ka pat sodrējiem, cilvēku kauliem un matiem daļēji ir kristāliska struktūra.

### *Dimants un grafiits*

Tagad, kad esam iepazinušies ar kristālu iekšējo uz-  
būvi, atgriezīsimies vēlreiz pie dimanta un grafiita.

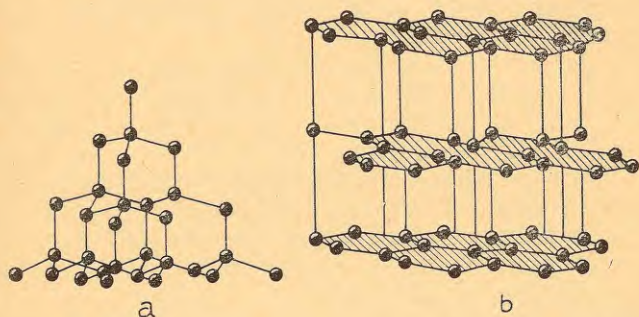
Grafiits un dimants ir minerāli, kas apveltīti ar pil-  
nīgi pretējām īpašībām. Šiem minerāliem, kam ir viena  
un tā pati ķīmiskā formula, krasi atšķiras cietība, krāsa,  
kristālu forma un fizikāli ķīmiskās īpašības. Vai tas nav  
pārsteidzoši? Un tomēr tā tas ir. Lūk, vismīkstākais mi-  
nerāls grafiits (cietība 1) un tam blakus — dabas cie-  
tākais minerāls — dimants! Pirmais no tiem ir melns  
un necaurspīdīgs, otrs — caurspīdīgs un bezkrāsains.  
Atšķirīgas ir arī to kristālu formas. Dimants skābekļa  
liesmā 720° temperatūrā sadeg, turpretī no grafiita iz-  
gatavo ugunsizturīgus traukus, jo tas nedeg pat ļoti  
augstā temperatūrā. Grafiits vada elektrību, bet diman-  
tam šādu īpašību nav, bez tam dimanta kristāli, ne-  
raugoties uz lielo cietību, ir trausli, bet grafiita — elas-  
tīgi.

Liekas, ka abiem šiem minerāliem nevarētu būt nekā  
kopēja, nekā līdzīga vienam ar otru, tomēr izrādās, ka  
pēc ķīmiskā sastāva starp dimantu un grafiitu nav ne-  
kādas atšķirības, jo abi sastāv no viena elementa —  
oglekļa (C).

Kā gan izskaidrojama milzīgā atšķirība dimanta un  
grafiita īpašībās? Atbilde slēpjas šo minerālu kristāli-  
skajā struktūrā. Apskatot 57. attēlu, skaidri redzams, ka  
grafiita struktūra (b) ir it kā sadalīta pa stāviem jeb  
kārtām, kurā katram oglekļa atomam ir 3 kaimiņi, kas



atrodas 1,42 Å attālumā cits no cita, kamēr atstarpe starp atsevišķām kārtām ir gandrīz 2,4 reizes lielāka un sasniedz 3,44 Å. Ja uzsit uz grafīta kristāla, kārtas slīd un ļoti viegli atvirzās cita no citas. Droši vien reti kādam būs ienācis prātā, ka mums ik dienas nākas pār- bīdīt šīs oglekļa atomu kārtas grafīta kristāliskajā režģī.



57. att. Dimanta (a) un grafīta (b) kristāliskā struktūra.

Tas notiek, rakstot ar zīmuli. Apskatot ar lupu svītru, kas ar zīmuli uzvilкта uz papīra, skaidri redzams, ka tā sastāv no sīkām zviņām, kas ir kristāliskā grafīta kārtas.

Dimanta struktūrai turpretī šādu kārtu nav. Visi oglekļa atomi atrodas vienādā (1,52 Å) attālumā cits no cita (a). Līdz ar to aizbīdīt vai pastumt atsevišķas kristāla struktūras daļas neizdodas, tāpēc dimants ir daudzkārt izturīgāks par grafītu.

Šis nelielais piemērs skaidri rāda, ka kristālu struktūra nosaka ne tikai kristālu ārējās formas, bet arī minerālu fizikāli ķīmiskās īpašības.

Kā jau atzīmējām, Bartolīns vienlaikus ar kristālu skaldnību atklāja vēl otru īpašību, t. s. gaismas dubultlaušanu. Skatoties uz aprakstītu papīra lapu caur Islandes špata kristālu, viņš redzēja dubultotu rakstu. Bartolīns rūpīgi aprakstīja savus novērojumus un 1669. gadā Kopenhāgenā izdeva šiem jautājumiem veltītu grāmatu.

Pēc dažiem gadiem par šo atklājumu sāka interesēties holandiešis K. Heigenss. Viņš atkārtoja Bartolīna novērojumu un pārliecinājās, ka tiešām visi Islandes špata kristāli lauž gaismas starus. Tādu pašu īpašību viņš novēroja arī kalnu kristālam (kvarcam).

Pēc Bartolīna un Heigensa vēl daudz zinātnieku, kas pētīja kristālu optiskās īpašības, konstatēja, ka ne tikai kvarcam un kalcītam, bet arī citiem minerāliem novērojama gaismas dubultlaušana.

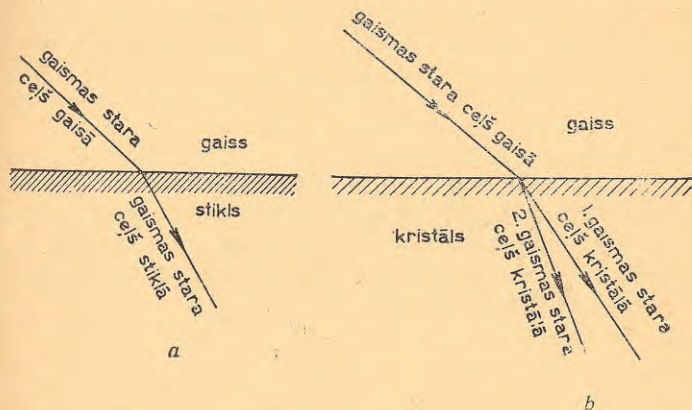
Pārejot no vienas vielas otrā, piemēram, no gaisa stiklā, gaismas stars novirzās no sava iepriekšējā ceļa par zināmu leņķi jeb, kā saka, tas lūst (58. att., *a*). Tas notiek tāpēc, ka dažādās vielās gaisma neizplatās ar vienādu ātrumu. Stiklā gaismas ātrums ir 1,5 reizes mazāks nekā gaisā. Tā kā gaisa gaismas laušanas koeficientu pieņemam par 1, tad stikla gaismas laušanas koeficients (lielums, kas rāda, cik reizes stiklā gaisma izplatās lēnāk nekā gaisā) ir 1,5.

Ja amorfās vielās, piemēram, stiklā, gaismas stars tikai lūst, tad kristālos tas lūstot dubulto. Viena stara vietā kristālā izveidojas divi stari, kas dažādi novirzās no stara iepriekšējā ceļa gaisā (58. att., *b*). Šo īpašību tad arī sauc par dubultlaušanu.

Tikai neliela daļa (apmēram 8%) no visiem kristāliem ir optiski izotropi un, tāpat kā amorfās vielas,



nesadala gaismu. Tādi ir visi kubiskās sistēmas minerāli (granāti, dimanti, fluorīts u. c.), jo to īpašības visos virzienos kristālā ir vienādas, tāpēc šiem minerāliem ir tikai viens gaismas laušanas koeficients ( $N$ ). Turpretī visi pārējie minerāli ir optiski anizotropi, tiem ir trīs vai divi gaismas laušanas koeficienti ( $N_g$  — lielākais,



58. att. Gaismas stara lūšana stiklā (a) un kristālā (b).

$N_m$  — vidējais un  $N_p$  — mazākais)\* un līdz ar to novērota arī dubultlaušana, kas ir  $N_g$  —  $N_p$  vai  $N_m$  —  $N_p$ .

Gaismas laušanas koeficienti ir ļoti precīza un svarīga minerālu optiskā konstante, kas līdzīgi kristālķīmiskajai analīzei palīdz identificēt minerālus, kā arī

\* Optiski divass minerāliem var noteikt  $N_g$ ,  $N_m$  un  $N_p$ , bet optiski vienass minerāliem —  $N_g$  un  $N_m$  vai  $N_m$  un  $N_p$ .

noteikt izmaiņas to ķīmiskajā sastāvā un kristāliskajā struktūrā.

Tā ūdenim (ledum) gaismas laušanas koeficients jeb  $N$  vienmēr ir 1,3090, fluorītam — 1,4339, kvarcam (kā optiski anizotropam vienam minerālam tam ir divi gaismas laušanas koeficienti) —  $N_m = 1,5534$  un  $N_p = 1,5443$ , ģipsim  $N_g = 1,530$ ,  $N_m = 1,523$  un  $N_p = 1,521$  utt. Tie ir konstanti lielumi un mainās tikai dažādu piemaisījumu vai kristāliskās struktūras pārmaiņšanās dēļ. Kā redzējām, pats mazākais gaismas laušanas koeficients ir ledum ( $N = 1,3090$ ), bet lielākais — ilmenītam, jo tā  $N$  ir stipri lielāks par 3,0.

Minerālu optiskā analīze var reizēm zināmā mērā aizstāt ķīmisko analīzi, jo, izmērot kādas nezināmas vielas gaismas laušanas koeficientus u. c. optiskās konstantes un salīdzinot iegūtos lielumus ar minerālu noteicējiem, varam viegli un ātri pateikt, ar kādu minerālu mums bijusi darišana.



## *Minerāli ikdienā*

### *Kvarcs zinātnē un tehnikā*

**M**inerālam kvarcam, kas ir Zemes garozas galvenā sastāvdaļa, ir gara un slavena attīstības vēsture.

Pirmatnējais cilvēks iemācījās no krama, īpaša kvarca paveida, izgatavot nepieciešamos darba rīkus un ieročus — cirvjus, nažus, bultas utt., kas cilvēces kultūras attīstībā radīja veselu posmu — akmens laikmetu.

Sodien kvarcs sakarā ar tā dažām visai vērtīgām fizikālajām īpašībām ir neaizstājams zinātnē un tehnikā.

Vispirms jau kvarcs (kalnu kristāls) atšķirībā no parastā stikla laiž cauri ultravioletos jeb, kā tautā saka, veselības starus. Šo kvarca īpašību plaši izmanto fizioterapijā t. s. dzīvsudraba jeb kvarca lampās, kā arī kvarcs nepieciešams optikā spektrālo analīžu aparātu prizmu izgatavošanai.

Kvarca smiltis savukārt ir galvenā izejviela stikla rūpniecībā visdažādāko stikla un speciālu kvarca trauku

izgatavošanai. Tā kā tīram kvarca stiklam ir mazs termiskās izplešanās koeficients, no tā izgatavotie laboratoriju un saimniecības trauki ir tik izturīgi, ka tajos var cept un vārīt uz tiešas uguns, nebaidoties, ka tie varētu saplīst. Šīs īpašības dēļ kvarca bļodiņas, vārglāzes, caurules u. c. izstrādājumi ir neaizstājami laboratoriju darbā.

Visai interesantas ir kvarca pjezoelektriskās īpašības (grieķu valodā *piezis* — spiediens), kuras atklāja franču fiziķi Pjērs un Žaks Kirī 1880. gadā. To praktiskā lietošana gan sākās daudz vēlāk — tikai 20. gadsimta 20. gados.

Izgriežot no kvarca kristāla noteiktā virzienā perpendikulāri optiskajai asij 0,01—0,1 cm biezu un 3—4 cm<sup>2</sup> lielu plāksnīti (59. att.), iegūstam t. s. pjezokvarcu. Ja uz pjezokvarcu iedarbojas mehāniski spēki, proti, ja uz to izdarām spiedienu, plāksnīte elektrizējas. Tas pats notiek, ja plāksnīti izstiepj, bet elektriskajam lādiņam tad ir pretēja zīme. Tā mehānisko enerģiju var pārvērst elektriskajā, un otrādi, jo pievadītie elektriskie lādiņi savukārt rada pjezokvarca mehānisko deformāciju.

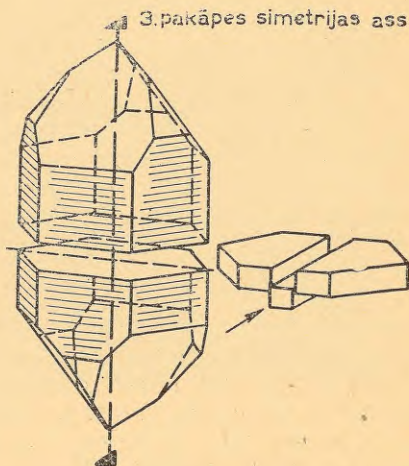
Mainstrāvas gadījumā plāksnīte sāk ritmiski svārstīties, pie kam maksimālais frekvenču biežums ir ap 10—20 megahercu (1 MHz = 1 milj. Hz, t. i., 1 milj. svārstību sekundē). Frekvenču biežumu nosaka kvarca plāksnītes minimālais biežums. Pjezokvarcus var izgatavot arī ļoti zemām frekvencēm (mazākām par 10 kiloherciem jeb 10 000 svārstībām sekundē), bet to izmēri ir stipri lieli un kvarca kristāli jāslīpē gredzena veidā, tādēļ šādi pjezokvarci izmaksā stipri dārgi.

No šādām kvarca plāksnītēm ir iespējams uzbūvēt generatorus ar augstu frekvences stabilitāti, kas ļoti nepieciešama radiotehnikā. Radioviļņu frekvences stabilitācija ir pati galvenā, bet ne vienīgā kristālu pjezo-



elektrisko īpašību izmantošanas iespēja. Pjezokvarca plāksnītes lieto arī daudzkanālu telefonu sakaros, nodrošinot vienlaikus pa vienu vadu pāri pat 500 telefona sarunu.

Šādas plāksnītes ir tik jutīgas, ka reaģē kā uz ļoti



59. att. Pjezokvarca plāksnītes izgriešana no kvarca kristāla.

niecīgiem (gramu daļas), tā arī uz milzīgiem spiedieniem (desmitiem tonnu uz  $1 \text{ cm}^2$ ), tāpēc iekārtas ar pjezokvarcu dod iespējas izpētīt spiediena izmaiņas lieljaudas tvaika mašīnās un iekšdedzes dzinējos.

Tā kā pjezokvarci reģistrē spiediena izmaiņas ne tikai ļoti precīzi, bet arī apbrīnojami ātri, tad pjezokvarca plāksnītes ir neaizstājamas spiediena mērīšanai

artilērijas ieroču stobros izšaušanas mirklī, bumbas sprādziena momentā utt.

Pjezokvarca plāksnītes reaģē ne tikai uz spiedienu, bet arī uz skaņu, lai cik vāja tā būtu. Ar šādu plāksnīšu palīdzību ārsti saklausa trokšņus cilvēka sirdī. Līdzīgi pjezokvarcu lieto tehnikā, jo tas reģistrē «aizdomīgus» trokšņus nepareizi aprēķinātajās lidmašīnu detaļās, kas var būt par cēloni avārijai.

Havaju salās pjezokvarci «sargā» cukurniedru plantācijas no to nīknākā ienaidnieka — zilās vaboles. Jūtīgie pjezokvarca aparāti uztver tikko dzirdamo vaboļu sanēšanu un laikus brīdina par šo kaitēkļu tuvošanos.

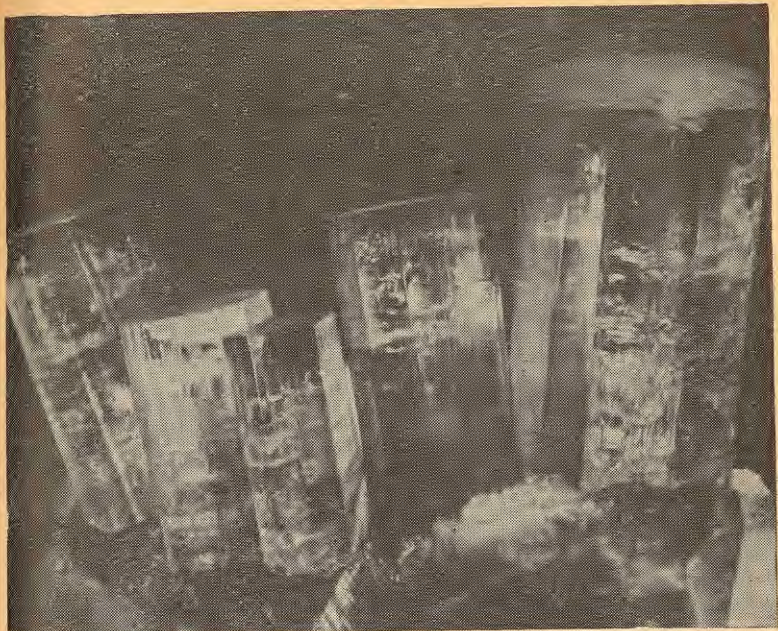
Pjezokvarca plāksnītēm var izlietot bezkrāsainus, dūmainus un pat melnus kvarca kristālus, ja tikai tie ir bez defektiem, t. i., tajos nedrīkst būt ne citu minerālu, gāzu un šķidrumu pūslīšu ieslēgumu, ne plaisu, dvīņu u. c. defektu.

Galvenās kalnu kristāla atradnes ir Urālos, tāpat arī tas sastopams Ukrainā, Aldanā un Pamirā. No ārzemju atradnēm vispirms jāmin Madagaskara, kur atrasti pat līdz 2,5 m lieli kalnu kristāli, Šveices Alpi un Francija.

Pjezoelektriskās īpašības ir novērotas ne tikai kvarcam, bet arī turmalīna (60. att.), cukura, bārija titanāta, Senjeta sāls u. c. vielu kristāliem, kuriem ir līdzīga simetrija.

Pieprasījums pēc pjezokvarciem tehnikā nepārtraukti aug. Tā kā ļoti tīri kvarca kristāli dabā ir reti sastopami, tad zinātnieki intensīvi meklē jaunas mākslīgā kvarca un arī citu pjezoelektriķu kristālu iegūšanas metodes. Liels darbs šajā jomā paveikts PSRS Zinātņu akadēmijas fizikas un kristalogrāfijas institūtos, kur izstrādāta mākslīgo kvarca kristālu iegūšana autoklāvā no  $\text{SiO}_2$  ūdens šķīduma paaugstinātā temperatūrā (300—420°) un 350—1200 atmosfēru lielā spiedienā,





60. att. Turmalīna kristāli  
(no «Welt der Kristalle»).

t. i., tādos pašos apstākļos, kādos kvarcs veidojas dabā. Tādā veidā 78 dienās var izaudzēt līdz 1 kg smagu kvarca kristālu. Iespējams, ka tehnikā sintētiskais kvarcs drīz vien pilnīgi aizstās dabisko kvarcu.

### *Kristāli un nedzirdamās skaņas*

Katram cietam ķermenim piemīt mehāniska īpašība, t. s. svārstību frekvence. Ja izstiepjam vai saspiežam atspēri un pēc tam to atbrīvojam, svars, kas piekārts pie

šīs atsperes, sāk svārstīties ar noteiktu svārstību biežumu — noteiktu frekvenci. Tas pats notiek arī ar kristāla vāzi, ja tai viegli piesitam, pie kam vāzes ātrā neredzamā trīcēšana izraisa gaisa svārstības, kas rada visiem pazīstamo melodisko skaņu.

Mēs jau redzējām, ka arī kvarca plāksnīte — pjezokvarcs ir apveltīts ar šādu īpašību. Ir aprēķināts, ka 1 cm bieza plāksnīte izdara apmēram 300 000 svārstību sekundē. Bet, tā kā cilvēka dzirde spēj uztvert tikai apmēram no 16 līdz 20 000 svārstībām sekundē, mēs, diemžēl, nedzirdam pjezokvarca svārstības. Tāpēc saka, ka pjezokvarcs rada «nedzirdamas» skaņas — ultraskaņas.

No vienkārša piesitiena pjezokvarca plāksnīte svārstīsies tikai īsu acumirkli, bet, ieslēdzot to maiņstrāvas ķēdē, tā sāk vibrēt ar strāvas frekvenci un izstaro ultraskaņu viļņus.

Ultraskaņai ir milzīga nozīme zemūdens signalizācijā, jo radioviļņi ūdenī izplatās vāji un parastā skaņa tanī stipri izkliedējas. Bez ultraskaņas zemūdenes būtu «aklas un kurlas».

Tāpat kā visi viļņi, arī ultraskaņa atstarojas no šķēršļiem. Pamatojoties uz šo īpašību, franču fiziķis Pols Lanževēns (1872.—1946.) pirmā pasaules kara laikā uzkonstruēja aparātu, t. s. eholotu, ar kura palīdzību var izmērīt jūras dziļumu un noteikt ienaidnieka zemūdenes atrašanās vietu. Jāzina tikai ultraskaņas izplatīšanās ātrums un laiks, kad atgriežas atpakaļ signāls, kas raidīts šķēršļa virzienā.

Brīnišķīgākais ir tas, ka arī sikspārņiem ir šāda «ierīce», kas tiem palīdz orientēties tumsā. Līdzīgi ultraskaņas lokatoriem sikspārņi raida impulsu, kuru uztver atpakaļ ar savām lielajām ausīm.



Tagad mazā pjezokvarca plāksnīte palīdz kuģa ceļā saskatīt neredzamus zemūdens šķēršļus (klintis, ledus kalnus, mīnas, citus kuģus) un ziņo, kad jāmaina kuģa kustības virziens. Pat zvejnieki šodien izmanto pjezokvarcu — «zvejo ar ultraskaņu», jo ar tās palīdzību var noteikt zivju baru atrašanās vietas.

Pols Lanževēns izdarīja savus mēģinājumus pilnīgā slepenībā, lai slēptu svarīgo stratēģisko atklājumu no spiegiem. Spiegu apmulsināšanai izlaida baumas, ka notiekot izmēģinājumi ar «nāves stariem». Varam iedomāties, cik liels bija Lanževēna pārsteigums, kad izrādījās, ka šie stari tiešām ir nāvējoši, jo ar tiem varēja nonāvēt kukaiņus, peles, zivis un vardes. Tagad ultraskaņu izmēģina lietot lauksaimniecībā nezāļu iznīcināšanai, kā arī konservu un piena pasterizēšanai (ultraskaņa iznīcina baktērijas).

Visa ultraskaņa tomēr neatstarojas atpakaļ no ķermeņiem, jo daļa tajos arī iespiežas. 1928. gadā, izmantojot šo parādību, padomju zinātnieks S. Sokolovs radīja ultraskaņas defektoskopu — aparātu, ar kura palīdzību var konstatēt plaisas, tukšumus, ieslēgumus u. c. defektus metālā. Tagad šo aparātu izmanto gan zinātniskajā, gan praktiskajā darbā.

Lūk, cik daudzpusīgi iespējams izmantot vienu pašu minerālu — kvarcu, cik daudz labuma tas dod cilvēcei!

### *Minerāli, kas «redz» tumsā*

Viens no šādiem minerāliem ir fluorīts —  $\text{CaF}_2$ , kas dabā sastopams skaisti izveidotos dažādas krāsas kristālos.

Zinātniekus interesē dažu fluorītu spēja tumsā lumiscēt (spīdēt), ja tos iepriekš karsē vai apstaro ar saules stariem. Luminiscenci rada torija piemaisījumi fluorītā un rādija emanācija (izstarojums).

Ar spektrālajām analizēm fluorītā reizēm konstatēta arī reto elementu — erbijā, gadolinijā, samārijā, cērijā un eiropijā klātbūtne. Noskaidrots, ka eiropijs dod fluorīta kristāliem zilo krāsu, bet zaļā fluorītu krāsa liecina par samārijā piemaisījumiem. Fluorīta krāsa, protams, ir atkarīga vēl no dzelzs un mangāna oksīdu klātbūtnes, kā arī no kalcija, fluora un oglekļa disperģētiem ieslēgumiem.

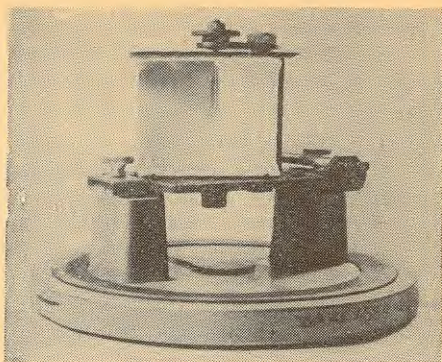
Fluorīts ir vērtīga izejviela. Tā nosaukums rāda (latīņu valodā *fluo* — plūstu), ka jau sen bijusi pazīstama šī minerāla īpašība atvieglot rūdu kušanu. Šīs īpašības dēļ vēl tagad ap 70% no kopējās fluorīta ieguves izmanto metalurģijā kā kusni un diezgan plaši arī keramikā glazūru un emalju kušanas temperatūras pazemināšanai.

Ķīmiskajā rūpniecībā no fluorīta savukārt iegūst dažādus fluora savienojumus, no kuriem fluorskābi lieto stikla un porcelāna izdaiļošanai. Šim nolūkam stiklu vai porcelānu pārklāj ar plānu vaska kārtiņu, kurā iezīmē vēlamo rakstu, bet pēc tam attiecīgo priekšmetu apstrādā ar fluorskābes tvaikiem vai tās šķīdumu ūdenī. Pirmajā gadījumā zīmējums kļūst matēts, kamēr otrajā gadījumā — caurspīdīgs.

Fluorīts ir dabā diezgan plaši izplatīts minerāls. Padomju Savienībā bagātākās fluorīta atradnes ir Aizbaikālā, Kazahijas un Tadžikijas PSR.

Sevišķi vērtīgs un dārgs ir absolūti caurspīdīgais — optiskais fluorīts, kas vislabāk no visiem minerāliem laiž cauri infrasarkanos spektra starus. Optiskais fluorīts nepieciešams optikā, lai izgatavotu dažādas lēcas,





61. att. Litija fluorīda lēca.

lodziņus un plāksnītes aparātiem, kas strādā ultravioleto un infrasarkanā spektra staru rajonā. Minimāliem kristālu izmēriem jābūt  $6 \times 6 \times 4$  mm.

Tā kā optiskais fluorīts dabā sastopams reti, tas ir ļoti dārgs: 1 kilograms fluorīta lēcu maksā tikpat cik 1 kilograms zelta. Tā iegūšana saistīta ar lielām grūtībām, jo straujās temperatūras maiņās fluorīts saplaisā. Ļoti jāuzmanās arī slīpēšanas laikā, jo trausluma un labās skaldnības dēļ tas viegli sadalās sīkākās daļās. Šo iemeslu dēļ spektrogrāfijā sāk lietot arī mākslīgā litija fluorīda (61. att.), kālija bromīda un nātrija hlorīda lēcas.

Optisko fluorītu lieto arī fotografēšanai pilnīgā tumsā. Šim nolūkam vajadzīgas speciālas filmas un fotoaparāts, kura objektīvi nav vis izgatavoti no stikla, bet gan no fluorīta, kvarca vai kādas citas kristāliskas vielas, kas laiž cauri neredzamos infrasarkanos starus. Izrādās, ka šādas īpašības bez fluorīta un kvarca ir arī akmenssālij, bet no tās izgatavot fotoobjektīvus nebūtu

nozīmes, jo katram saprotams, ka šādi objektīvi ir mīksti, viegli šķīst ūdenī un drīz vien kļūst blāvi. Mūsu acīm un caur parasto stikla objektīvu nakts liekas tumša, turpretī objektīviem, kuri izgatavoti no tādiem kristāliem, kas laiž cauri infrasarkanos starus, arī naktī ir «gaišs». Jāpiebilst, ka ar šādiem fotoobjektīviem var fotografēt pat vairāku desmit kilometru attālumā. Šādiem objektīviem ir vēl viena priekšrocība, proti, uzņēmumu var dabūt ne tikai tumsā, bet arī miglā. Mēģinājumi ļāva secināt, ka biezā miglā, kur nekas nav redzams tālāk par pāris soļiem, infrasarkanie stari izplatās turpretī desmit divdesmit kilometrus, tātad tūkstošreiz tālāk nekā redzamā gaisma. No teiktā kļūst skaidrs, ka tumsā un miglā, kur parasti ar aci nekas nav saskatāms, var tomēr dabūt normālu uzņēmumu ar īpaša fluorīta vai kādas citas vielas fotoobjektīva palīdzību.

Šie brīnumainie kristāli ir ļoti vajadzīgi arī speciālos nakts binokļos, nakts tēmekļos u. c. aparatūrā, kur infrasarkanie stari tiek pārveidoti acij redzamos gaismas staros. Pagaidām gan tie vēl ir ļoti dārgi. Cerams, ka tuvākajā laikā šie kristāli atvieglos arī satiksmes līdzekļu vadītāju darbu biezā miglā un tumsā.

### *Minerāli cilvēku uzturā*

Daži varbūt neticīgi jautās: «Vai tad akmeņus var ēst?» Jā, ēdam gan. Piemēram, parastā vārāmā sāls (NaCl), bez kuras cilvēks nevar nemaz iztikt, ir taču minerāls halīts, kuru izrok no zemes tāpat kā citus derīgos izrakteņus. Katrs cilvēks gadā patērē vidēji 6—7 kg sāls, bet dienas norma ir 10—20 gramu.



Pasaulē ik gadus iegūst 30 milj. tonnu vārāmās sāls, bet uzturam vien tiek patērēts 10 milj. tonnu. Uzturā lieto sīkkristālisku sāli, kas attīrīta pārkristalizācijas ceļā, bet dabā dažreiz var atrast arī lielus t. s. akmenssāls kristālus.

Vidusāzijas un Irānas tuksnešos sastopamas veselas kalnu grēdas, kas sastāv no milzīgām akmenssāls iegulām. Uz šīm dīvainajām sāls klintīm neaug ne krūms, ne zāles stiebriņš, tikai reizēm starp kailajiem sāls krastiem burbuļo vientuļš strautiņš.

Pazīstamajās sāls raktuvēs Veļičkā (Polijā) sāls slāņu biezums sasniedz ap 1400 m. Šo atradni izmanto jau veselus 800 gadus, bet pagaidām sasniegts tikai 300 m dziļums. Šī milzīgā pazemes pilsēta ar 120 km gariem koridoriem, ielām un laukumiem atgādina īstu pasaku pili.

Arī Padomju Savienībā ir noguluma sāls atradnes, piemēram, Slavjanskā un Artjomovskā (Ukrainā), Soļiļeckā (Orenburgas apgab.), kur sastop simtiem metru biezas augstas kvalitātes sāls kārtas.

Ir pazīstami arī sāls ezeri, kur sāļu veidošanās notiek vēl pašreiz. Sevišķi daudz šādu ezeru Padomju Savienības dienvidu un dienvidaustrumu rajonos, kur ir karsts klimats. Tā vienā pašā Astrahaņas apgabalā ir ap 700 sāls ezeru, no kuriem lielākie ir Eltons un Baskunčaks. Pēdējais viens pats varētu apgādāt visu Padomju Savienību ar sāli 400 gadus.

Sāls ir nepieciešama ne tikai mūsu uzturā, bet tā ir arī svarīga izejviela ķīmiskajai rūpniecībai, jo no tās iegūst sālsskābi un sodu, nātrija sārmu, metālisko nātriju u. c. ķīmiskus produktus. Tikai sodas un nātrija sārna iegūšanai vien 1960. gadā patērēts 5 milj. tonnu vārāmās sāls. Nedrīkstam aizmirst arī pārtikas rūpie-

cību, kur gaļas, zivju un sakņu konservēšanai tiek patērēti milzīgi vārāmās sāls daudzumi.

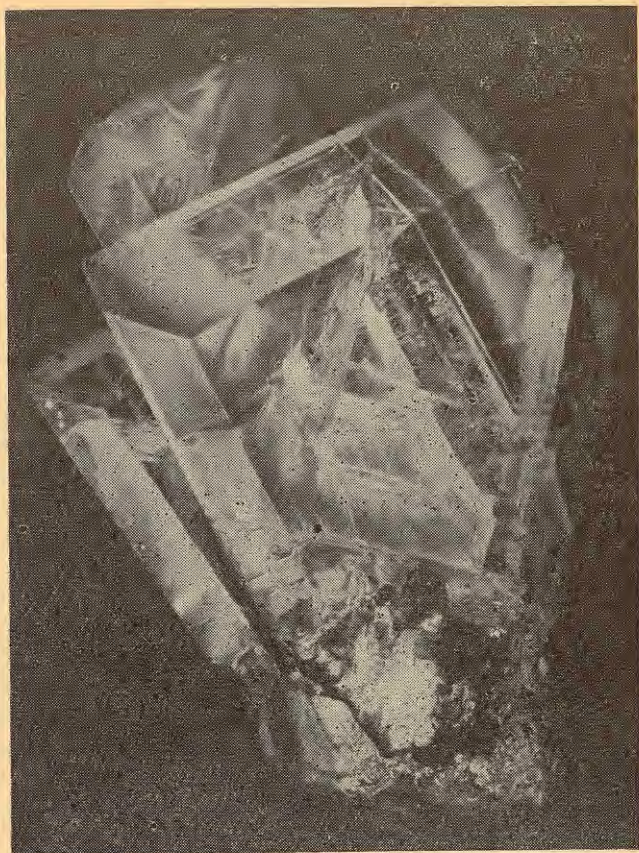
Afrikā cilvēki mēģinājuši sāli izlietot pat kā būvmateriālu. Pirms nedaudz gadiem Sahāras tuksnesī atrastas kādas senas pilsētas drupas, kur ēkas un pilsētas sienas bija celtas no lieliem akmenssāls blūkiem. Šinī apgabalā, atskaitot smiltis un sāli, nekā cita nebija, tāpēc vietējie iedzīvotāji bija spiesti pilsētu celšanai izmantot šo materiālu. Protams, mūsu klimatiskajos apstākļos šāda pilsēta pastāvētu tikai līdz pirmajam lietum, bet Sahārā, kur lietus ir pavisam reta parādība, sāls pilsēta saglabājusies simtiem gadu.

Ievērojami minerālu daudzumi tiek patērēti arī konditorejas fabrikās, jo dažu augstvērtīgu konfekšu pagatavošanai ir nepieciešams desmitiem tonnu talka. Protams, talka neietilpst pašu konfekšu sastāvā, bet to lieto apkaisīšanai, lai konfektes nesalīptu. Daudz vairāk talka mēs patērējam, lietojot zāļu tabletes, kur tas tiek izmantots par zāļu neitrālu saistvielu.

Nosaukumu talka ieguvis no zviedru vārda *talg* — tauki, jo no visām citām minerāla īpašībām taukainums, paberžot talku pirkstos, ir visraksturīgākais. Šīs īpašības dēļ no ļoti mīkstā baltā un gaiši zilganzaļā minerāla izgatavo vislabākos sejas un bērnu pūderus.

Diezgan bieži dzirdams, ka kapitālistiskajās valstīs peļņas nolūkos minerāli tiek ļaunprātīgi piejaukti dažādiem pārtikas produktiem, lai palielinātu to svaru. Visvairāk šim nolūkam izmanto barītu —  $\text{BaSO}_4$  (62. att.), kas ir ne vien lēts, bet arī daudz smagāks nekā citi minerāli (barīta īpatnējais svars ir 4,3—4,7, bet kvarca — tikai 2,5—2,8). Kādu laiku Vācijā kviešu miltu falsifikācija (viltošana) bija tik izplatīta, ka valdība aizliedza barīta ieguvu. Pienam un krējumam savukārt piejauc kaļķus un krītu, sviestam piemaisa mālus un





62. att. Barīta kristāli  
(no «Welt der Kristalle»).

ģipsi, kakao un šokolādei — dzelzs okeru utt. Visi šie piemaisījumi mazos daudzumos cilvēka organismam nav kaitīgi, bet arī barības vērtības tiem nav nekādas. Dažkārt tomēr kapitālistiskajā pasaulē atsevišķas firmas iedzīvošanās nolūkos pārtikas produktiem piejauc minerālus tik lielos daudzumos, ka tie rada organisma saindēšanos.

Ir ziņas, ka dažas tautas senos laikos labprāt ēdušas mālus, pie kam atsevišķās vietās tie vēl tagad skaitās īpatnēja delikatese. Tā Senegalas nēģeri un dažas ciltis Kolumbijā, Gvajānā un Venecuēlā labprāt ēd iezalģanus mālus. Arī Irānā tā ir parasta barība: tirgū blakus pārējiem pārtikas produktiem pārdod arī baltus ēdamus mālus.

Sibīrijā Ohotskas rajonā dzīvojošās tautas gatavojušas pat speciālu ēdienu no kaolīna un ziemelbriežu piena maisījuma. Šo gardumu ēduši gan paši, gan cieņāji ar to viesus.

### *Karabogazgols*

Karabogazgols ir milzīga dabas laboratorija, kurā burtiski mūsu acu priekšā notiek dažādu sāļu kristalizācija. Tas ir 17 000 km<sup>2</sup> liels līcis Kaspijas jūrā, kura platums 160 km, garums 150 km, bet dziļums nepārsniedz 13 m. No jūras to atdala šaurs, 60—70 km garš sēklis. Līcī ir daudz mazāk ūdens nekā jūrā, tas strauji iztvaiko karstajā saulē, tāpēc sāļu koncentrācija tanī ir 24—27 reizes lielāka nekā Kaspijas jūrā.

Galvenā Karabogazgola bagātība ir minerāls mirabilīts jeb glaubersāls —  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ , kas ir ļoti vērtīga izejviela kaustiskās sodas, sērskābes u. c. ķīmisku produktu iegūšanai.



Katru gadu ziemas mēnešos (no novembra līdz martam), kad temperatūra pazeminās līdz  $+10^{\circ}$ , no ūdens izdalās līdz 6 milj. tonnu tīra mirabilīta kristālu, no kuriem daļa nosēžas liča dibenā. Tanī pašā laikā Karabogazgola līcī saimnieko spēcīgi vēji un piekrastes zonā viļņi izskalo mirabilītu krastā. Tā rezultātā ap līci izaug balti mirabilīta kalni.

Pavasari, kad izbeidzas ziemas vētras un iestājas silts laiks, mirabilīts, kas atrodas liča dibenā, no jauna izšķīst ūdenī, bet liča krastā izmestie mirabilīta kristāli saulē iztvaiko ūdeni un pārvēršas minerālā tenardītā —  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , kura daļiņas vējš viegli paceļ gaisā. Viss gaiss tad Karabogazgola tuvumā ir pilns ar tenardīta putekļiem, kuru dēļ rodas iespaids, ka saule ieguvusi īpatnēju sudrabetu nokrāsu.

Nokļūstot no jauna liča ūdenī, tenardīta putekļi izšķīst, ziemu izkristalizējas mirabilīts, un process sākas no gala. Kamēr šajā procesā neiejaucās cilvēks, Karabogazgola saražoto produkciju iznīcināja saule, vējš un ūdens.

Tikai pēc Lielās Oktobra sociālistiskās revolūcijas, kad 1918. gadā V. I. Ļeņins ierosināja izpētīt un izmantot Karabogazgola bagātības, sākās šī rajona rūpīga izpēte. 1921. gadā padomju ķīmiķa N. Kurnakova vadībā te ieradās kompleksa ekspedīcija. Pēc liča izpētes atklājās, ka tā tuvumā ir arī akmeņogļu atradnes, barīts, nafta, sērs, fosforīts un kaļķakmens. Lai izmantotu šīs milzīgās dabas bagātības, Karabogazgola liča krastā 1924. gadā uzcēla lielu ķīmisku kombinātu.

Tā kā laika gaitā ūdens līmenis Kaspijas jūrā aizvien pazeminās, tad svaiga ūdens pieplūde līcī ir maza, tāpēc reizē ar mirabilītu izgulsnējas arī vārāmā sāls un minerāls epsomīts —  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Lai epsomīts un vārāmā sāls neizgulsnētos un atradne nezaudētu savu

nozīmi mirabilīta ieguvē pasaules mērogā, jau kopš 1934. gada Karabogazas ķīmiskais kombināts uzsāka mirabilīta ieguvi baseinos.

Mirabilītu atrod arī Batalpašinskas ezerā (Ziemeļkaukāzā), Selengas, Karas un Algas ezeros Aizbaikālā un citur.

Mirabilīts ir nepieciešams stikla un papīra rūpniecībā, minerālmēslu un viskozes šķiedras ražošanai. To pieprasa krāsainā metalurģijā, kā arī no tā iegūst dažādus ķīmiskus produktus. Medicīnā to lieto kā caurejas līdzekli.

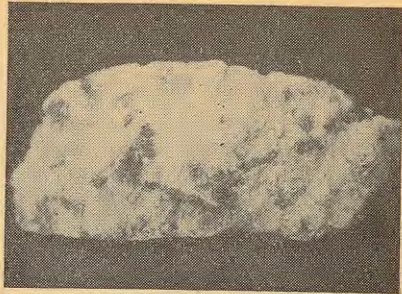
### *Apatīts — lauksaimniecības minerāls*

Fosfors ir viena no nepieciešamākajām augu sastāvdaļām. Ja augsnē nav pietiekami daudz fosfora, tiek traucēta normāla augu attīstība. Lietojot mākslīgos fosfora mēslus (superfosfātu), lauksaimniecībā var iegūt ievērojamu ražas pieaugumu. Te nāk talkā minerāli, jo galvenā superfosfāta izejviela ir apatīts —  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{F}$  (fluorapatīts) un  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{Cl}$  (hlorapatīts). Tīrā apatītā ir 42% fosforskābes anhidrīda ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), bet citos fosforu saturošos iežos tā ir daudz mazāk.

Apatīta ārējās formas ir dažādas un ļoti līdzīgas citiem minerāliem, tādēļ agrāk to bieži vien sajauc ar berilu, turmalīnu u. c. minerāliem. Šī iemesla dēļ to nosauca par apatītu, kas grieķu valodā nozīmē «mānīgais». Apatīta sešstūrainie kristāli ir gandrīz bezkrāsaini vai ieaļģani un reizēm sasniedz ievērojamus izmērus. Parasti gan apatīts sastopams blīvās, graudainās masās (63. att.).

Kolas pussalā, tālu aiz polārā loka, Hibīnu kalnos atrodas lielākās apatīta atradnes pasaulē. Tās atklāja





63. att. Apatīts.

no 1920. līdz 1928. gadam rīkotajās ekspedīcijās akadēmiķa Aleksandra Fersmaņa vadībā reizē ar citiem ļoti vērtīgiem šī rajona derīgajiem izrakteņiem. Atradne atgādina milzīgu lēcu, kuras maksimālais biezums ir 175—180 m, bet garums — ap 15 km. Zemes virspusē apatīts iznāk Kukisvumčora, Jukspora (64. att.) un Razvumčora kalnos, bet pagaidām kopš 1930. gada tiek izmantota tikai Kukisvumčora atradne.

Pēc apatīta atradņu atklāšanas Hibīnos Padomju Savienībai vairs nevajag fosforītus ievest no Marokas, bet, tā kā mūsu Dzimtenes apatīta krājumi tagad ir 25 reizes lielāki nekā kapitālistiskajās zemēs, daļa apatīta tiek arī eksportēta. Lielākā daļa gan tiek nosūtīta uz dažādām Padomju Savienības rūpnīcām vai uz netālo Kirovskas iežu bagātināšanas fabriku.

Izrādās, ka apatīts Hibīnos atrodas kopā ar minerālu nefelīnu —  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , kas ir alumīnija izejviela. Kirovskas iežu bagātināšanas fabrikā speciālās flotācijas (atdalīšanas) tvertnēs kopā ar putām uzpeld zaļganie apatīti, bet nefelīns nosēžas dibenā. Pārējos minerālus, kā sfēnu, egirīnu, titanomagnetītu, fabrikā sauc



64. att. Jukspora kalns Hibīnos, aizmugurē Kukisvumčors.

par «astēm» un novada speciālās «astu glabātavās». Nav nemaz tik sen, kad pie «astēm» pieskaitīja arī nefelīnu.

Izžāvēto apatīta koncentrātu no Kirovskas sūta tālāk uz Odesas, Rīgas, Permas u. c. superfosfāta fabrikām, kur no tā ražo lauksaimniecībai vajadzīgos fosfora mākslīgos mēslus — superfosfātu un termofosfātu. Pirmo iegūst, apstrādājot apatītu ar sērskābi, bet, ražojot termofosfātu, sērskābes vietā lieto sārmus.

Nelielu daļu no iegūtā apatīta (apmēram 10%) izmanto arī ķīmiskajā rūpniecībā fosforskābes un fosfora iegūšanai, ko patērē galvenokārt sērskābes rūpniecībā.

Tā vēl nesēn maz pazīstamie minerāli — apatīts un nefelīns — kļuvuši tagad par ievērojamiem Padomju Savienības derīgajiem izrakteņiem.



\* \*  
\*

Nelielais ieskats minerālu pasaulē ir tikai īsa informācija, kas dod aptuvenu priekšstatu, cik daudzveidīgi ir minerāli un cik nozīmīgi tie ir ikdienas dzīvē dažādās tautas saimniecības nozarēs. Attīstoties zinātnei un tehnikai, tiek atrastas arvien jaunas minerālu izmantošanas iespējas. Drošiem soļiem minerāli šodien ienākuši tādās modernās tehnikas nozarēs kā kosmosa navigācijā, atomreaktoros kodoltermiskajās reakcijās; tos pieprasa arī ķirurģija.

## LITERATURA

Бетехтин А. Г. Курс минералогии. Госгеолтехиздат, М. 1961.

Зряковский М. С., Макаров Н. Н. Тайна якутских алмазов. Гос. изд. географ. литер., М. 1958.

Малахов А. А. Новеллы о камне. Свердлов. книжн. изд., Свердловск 1960.

Петров В. С. Драгоценные и цветные камни. Изд. Моск. универс., М. 1963.

Путешествие в страну элементов. Изд. ЦК ВЛКСМ «Молодая гвардия», М. 1963.

Соболевский В. И. Замечательные минералы. Госгеолиздат, М.—Л. 1949.

Ферсман А. Е. Воспоминания о камне. Изд. АН СССР, М. 1958.

Шаскольская М. П. Кристаллы. Гос. изд. техн.-теор. литер., М. 1956.

Яковлев А. А. Минералогия для всех. Изд. АН СССР, М.—Л. 1947.

Fersmanis A. Saistošā mineralogija. LVI, Rīgā, 1959.

Welt der Kristalle. WEB Verlag Technik, Berlin, 1959.



|   | Lpp. |
|---|------|
| <i>Ievads</i> . . . . .   | 3    |
| <i>Kas ir minerāls</i> . . . . .                                | 5    |
| <i>Elementu izplatība Zemes garozā</i> . . . . .                | 11   |
| <i>Retie elementi un to minerāli</i> . . . . .                  | 18   |
| Viegie metāli — berilijs, litijs, rubīdijs un cēzijs            | 19   |
| Molibdens, volframs, vanādijs — grūti kūstošie metāli . . . . . | 22   |
| Izkliedētie elementi . . . . .                                  | 27   |
| Retzemju elementi . . . . .                                     | 30   |
| Radioaktīvie retie elementi . . . . .                           | 32   |
| Vai Latvijā ir reto elementu minerāli . . . . .                 | 36   |
| <i>Cietie un mikstie minerāli</i> . . . . .                     | 39   |
| Minerālu cietība . . . . .                                      | 39   |
| Leģenda par azbestu . . . . .                                   | 42   |
| Azbests — minerāls, kuru vērpj un auž . . . . .                 | 43   |
| Grafīts — mikstākais minerāls . . . . .                         | 48   |
| Dimants — dabas cietākais minerāls . . . . .                    | 50   |
| <i>Dārgakmeņi</i> . . . . .                                     | 53   |
| Dārgakmeņu īpašības . . . . .                                   | 53   |
| No pasaules lielāko dimantu vēstures . . . . .                  | 56   |
| Padomju Savienības dimanti . . . . .                            | 61   |
| Dārgakmeņi — bagātību mēraukla . . . . .                        | 65   |
| Rubīns un kvantu gaismas viļņu generatori . . . . .             | 69   |
| Berils — akvamarīns — smaragds . . . . .                        | 73   |
| Topāzs . . . . .  | 75   |

|  |     |
|--|-----|
| Aleksandrīts . . . . .                         | 76  |
| No kā atkarīga minerālu krāsa . . . . .        | 78  |
| Pērles . . . . .                               | 84  |
| Dzintars — Baltijas jūras dārgakmens . . . . . | 88  |
| <i>Minerāli un kristāli</i> . . . . .          | 93  |
| Kas un kādi ir kristāli . . . . .              | 93  |
| Kristālu simetrija . . . . .                   | 98  |
| Kristālu formas . . . . .                      | 101 |
| Kristālu līdzība un dvīņi . . . . .            | 104 |
| Kristālu agregāti . . . . .                    | 112 |
| Kāds atklājums . . . . .                       | 121 |
| Kristālu iekšējā struktūra . . . . .           | 124 |
| Dimants un grafiits . . . . .                  | 128 |
| Kā kristāli lauž gaismu . . . . .              | 130 |
| <i>Minerāli ikdienā</i> . . . . .              | 133 |
| Kvarcs zinātnē un tehnikā . . . . .            | 133 |
| Kristāli un nedzirdamās skaņas . . . . .       | 137 |
| Minerāli, kas «redz» tumsā . . . . .           | 139 |
| Minerāli cilvēku uzturā . . . . .              | 142 |
| Karabogazgols . . . . .                        | 146 |
| Apatīts — lauksaimniecības minerāls . . . . .  | 148 |
| <i>Literatūra</i> . . . . .                    | 152 |



Astra Upīte  
MINERĀLU PASAULE

Vāks — *Sk. Eleres*

Redaktore *M. Zumberga*. Tehn. redaktors  
*A. Bitars*. Korektore *A. Justoviča*. Nodota  
salikšanai 1964. g. 5. maijā. Parakstīta  
iespiešanai 1964. g. 16. jūlijā. Papīra for-  
māts 70×108/32. 4,875 fiz. iespiedl.; 6,678  
uzsk. iespiedl.; 6,02 izdevn. l. Metiens  
3000 eks. JT 21651. Maksā 18 kap.

Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas  
izdevniecība Rīgā, Smilšu ielā 1.

Iespiesta Latvijas PSR Ministru padomes  
Preses komitejas Poligrāfiskās rūpniecības  
pārvaldes 6. tipogrāfijas nodaļā Rīgā,  
17. jūnija lauk. 1. Pasūt. Nr. 1068.

LATVIJAS NACIONĀLĀ BIBLIOTĒKA



0309069153



Īegādājieties  
Latvijas PSR Zinātņu akadēmi-  
jas zinātniski populāros izdevu-  
mus!

O. Kūkurs, P. Paukšs.

*Stikls, šķiedras, plastikas.*

Rīgā, 1964., 127 lpp., maksā  
19 kap.

R. Reiziņš.

*Papīra lapa stāsta par sevi.*

Rīgā, 1963., 96 lpp., maksā  
17 kap.

V. Sergejeva, L. Možeiko,  
V. Jaunzems.

*Lignīns un tā izmantošana.*

Rīgā, 1963., 64 lpp., maksā  
10 kap.

18 кар.

