

A-16558

Populaarteaduslik sari

Prof. A. J. Kitaigorodski

AINE EHITUS



Eesti Riiklik Kirjastus

A-16558

PROF. A. I. KITAIGORODSKI

AINE EHITUS



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1950

Originaali tiitel:

Проф. А. И. Китайгородский
Строение вещества.
Государственное издательство
Технико-Теоретической литературы.
Москва/Ленинград 1950.

Tõlkinud: G. Valgma

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

16433

SISSEJUHATUS.

Selles väikeses raamatus tahame jutustada erinevate ainete — terasetüki, puutüki ja veetilga ehitusest.

Õeldakse, et maja on ehitatud tellistest ja tare palkidest, kuid kas võib öelda sama ka terasetüki või veetilga suhtes?

Esimesel silmapilgul tundub niisuguse küsimuse esitamine mõttetuna, kuna näiteks veetilk paistab olevat täiesti ühetaoline kõigis oma osades. Ja ka heas terasetükis ei märka me mitte mingisuguseid „terakesi“ või „tellisekesi“. Tegelikult aga pole see nii. Meid ümbritseva looduse hulgalised vaatlused kõnelevad sellest, et mistahes aine ja mistahes keha koosneb üksikuist silmale nähtamatuist osakesist.

Seda aimasid inimesed juba väga ammu. Juba 2400 aastat tagasi oletas Vana-Kreeka õpetlane Demokritos, et kõik ained koosnevad üksikuist jagamatuist osakesist, mida ta nimetas aatomiteks.

Demokritose materialistlik õpetus oli palju sajandeid kiriku keelu all. Alles XVII—XVIII sajandil taastati see õpetus õpetlaste-materialistide poolt. XVIII sajandil arendas aine ehituse atomistlikku teooriat edasi suur vene õpetlane M. V. Lomonossov.

Tehti kindlaks, et erinevate kehade aatomid ühinevad mitmesugusteks rühmadeks — molekulideks.

Kehade koosnemist üksikuist nähtamatuist osakesist — aatomeist ja molekulidest — tõestavad kõigile tuntud fak-

tid. Miks on näiteks võimalik iga keha venitada või kokku suruda? Kui aine oleks täiesti tihe ja katkematu, siis on seda raske mõista, koosneb ta aga üksikuist osakesist, siis on seda kerge seletada: aine venitamisel nihkuvad selle osakesed üksteisest eemale, kokkusurumisel aga lähevad. Samal põhjusel võivad ained ka üksteise sisse tungida.

Kõigile on näiteks teada, kui panna klaasis olevasse vette tükk suhkrut, siis mõne aja pärast suhkrutükk lahustub vees, vesi aga muutub magusaks. Siit on selge, et vesi ei ole tihe: suhkru osakesed levisid kogu klaasis ja tungisid vee osakeste vahele.

Sama nähtust võib täheldada ka kõvade kehade puhul. Kui näiteks panna kaks erinevat metalli tihedalt teineteise vastu ja jätta nad niisugusesse asendisse kauaks ajaks, siis tungivad esimese metalli osakesed teise metalli ja vastupidi.

Juba XIX sajandil teadsid teadlased, et kõik ained jagunevad liht- ja lihtaineiks. Lihtainet on võimalik keemiliselt lagundada lihtaineiks. Näiteks võib lihtainet — tavalist keedusoola, mida teisiti nimetatakse kloornaatriumiks — lagundada gaasiliseks ja metalliliseks naatriumiks. Teras on samuti lihtaine: ta koosneb rauast, süsinikust ja teistest ainetest. Kuid rauda, naatriumi, kloori ja süsinikku ei lähe korda lagundada teisteks aineteks. Nad on lihtained.

Lihtaine osakesed — need ongi kas aatomid või molekulid, mis koosnevad ühesuguseist aatomitest. Lihtainete osakesed on aga molekulid, mis koosnevad erisuguseist aatomitest. Näiteks koosneb kloornaatriumi molekul kloori aatomist ja naatriumi aatomist.

XIX sajandi lõpul ja XX sajandi algul reaktsioonilise idealistliku filosoofia jüngrid Mach, Ostwald jt. hakkasid uuesti kahtlema õpetuses aatomitest. Nad kinnitasid, et meid ümbritsevate kehade atomistlik ehitus on ainult oletus, hüpotees, tegelikkuses pole olemas mingisuguseid aatomeid.

Füüsikud-materialistid tõestasid aga täie kindlusega aatomite ja molekulide olemasolu reaalsuse. Tõsi, aatomeid ja molekule pole võimalik näha: nad on niivõrd väikesed. See-eest aga saab neid avastada teisel teel.

Üsna meie sajandi algul avastati erilised, niinimetatud radioaktiivsed ained. Need ained saadavad endast alaliselt välja nähtamatuid kiiri. Fotoplaad, mis on paigutatud pimeduses kõrvuti radioaktiivse ainega, muutub mustaks. Mõned ained hakkavad radioaktiivsete kiirte mõjul helendama. Kui paigutada radioaktiivse aine tükikesse lähedusse tsinksulfiidiga kaetud paberileht, siis võib näha, kuidas viimane hakkab erinevais kohtades vaheldumisi helkima, nagu langeksid neile kohtadele radioaktiivse aine üksikud osakesed. Radioaktiivsete ainete edasised uurimised näitasid, et see tegelikult ongi nii. Tehti kindlaks, et radioaktiivsete kiirte koosseisus on keemilise elemendi heeliumi aatomi killud. Need, lennates radioaktiivsest ainest välja tohutu kiirusega — kuni 20 000 kilomeetrit sekundis — põhjustavadki erilise seguga kaetud paberilehe vastu põrgates helkimist.

Niisiis, kuigi me ei näe tsinksulfiidiga kaetud paberilehega ja radioaktiivse aine tükikesega korraldatud katses heeliumi aatomeid endid, näeme siiski nende lööke vastu „märklauda“, mis kutsuvadki esile helkimist.

Hiljem õppisid teadlased tundma teisigi veenvaid fakte, mis kinnitavad molekulide ja aatomite olemasolu. Veel enam, hiljuti nägid teadlased uue märkimisväärse seadise — elektronmikroskoobi abil lõpuks ka mõnede liitainete üksikuid suuri molekule!

Seega on tehtud käesoleval ajal vaieldamatult kindlaks, et kõik ained — nii liit- kui ka lihtained — koosnevad tõesti aatomitest ja molekulidest.

Mida siis kujutavad endist need üliväikesed aine osakesed? Milline on erisuguste aatomite ja molekulide ehitus?

Mil viisil on nad omavahel seotud tahketes, vedelates ja gaasilistes keha-

Ja lõpuks, milleks on meil vaja teada meid ümbritsevate kehade ehitust?

Kõigile neile küsimustele annab vastused meie raamatuke.

1. SOBIVAD MÕÖTÜHIKUD.

Aatomid ja molekulid on väga väikesed, palju kordi väiksemad meid ümbritsevaist esemeist. Et mõõta nende ainesakeste suurust, on tingimata vaja valida sobivad mõõtühikud.

Igapäevases elus kasutame asjade suuruse kindlaks määramisel meetreid ja sentimeetreid. Kõige väiksemaid esemeid, mida näeme veel palja silmaga, on sobivam mõõta millimeetrites. Millimeeter on sentimeetri kümnendik osa.

Mikroskoobis nähtavate osakeste mõõtmiseks on sobivaks ühikuks mikron. Üks mikron on millimeetrist tuhat korda väiksem:

$$1 \text{ mikron} = \frac{1}{1000} \text{ millimeetrit.}$$

Aatomite ja molekulide mõõtmiseks aga kasutatakse ühikut, mis on mikronist veel tuhat korda väiksem. Seda ühikut nimetatakse millimikroniks:

$$1 \text{ millimikron} = \frac{1}{1000} \text{ mikronit} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ millimeetrit.}$$

Samuti kasutatakse tihti veel kümme korda väiksemat ühikut, mida nimetatakse ongströmiks:

$$1 \text{ ongström} = \frac{1}{10} \text{ millimikronit.}$$

Palja silmaga võib näha ligikaudu kuni mõne kümnendiku millimeetri, s. o. kuni mõnesaja mikroni suuruseid esemeid. Hea mikroskoobiga võib vaadelda esemeid, millede suurus on kuni üks mikron. Hiljuti leiutatud elektronmikroskoobid võimaldavad viia nähtamatuse piiri kuni mõne

millimikroni. Väiksemaid osakesi pole meil võimalik näha ja me otsustame nende suuruse üle ainult kaudsete tunnuste järgi (kuidas on võimalik mõõta osakeste suurust, ilma neid endid nägemata, saate teada selle raamatukese lõpul).

Nüüd aga, valinud välja mõõtühikud aatomitele ja molekulidele, tutvume nende nähtamatute osakeste chitusega.

2. AATOMID.

Teadlased arvasid veel hiljuti, et aatom on jagamatu. Praegu teame, et see pole nii. On tehtud kindlaks, et aatomid koosnevad omakorda veel väiksematest osakestest.

Niisuguseid osakesi on kolme tüüpi: elektronid, prootonid ja neutronid; neid nimetatakse elementaarosakesteks.

Kui kaks elektroni asuvad teineteise lähedal, siis püüavad nad teineteist eemale tõugata; samuti käituvad ka kaks prootonit. Vastupidi, prooton ja elektron tõmbavad teineteist ligi.

Teisiti käituvad neutronid — nad „ei pane tähele“ ei elektrone, ega ka prootoneid, samuti ka teisi neutroneid, kui viimased ainult ei asu talle vahetus läheduses.

Erinevalt neutroneist nimetatakse elektrone ja prootoneid elektrilisteks osakesteks.

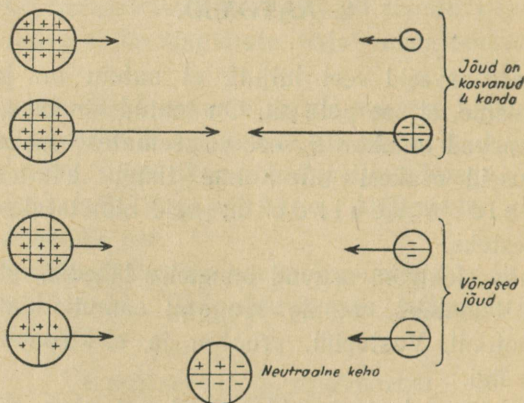
Kui keha sisaldab ühesugust hulka elektrone ja prootoneid, siis nad „neutraliseerivad“ üksteist ning keha ei oma elektrilaengut; niisuguse keha kohta öeldakse — ta on elektriliselt neutraalne.

Kui kehas on elektronide ülejääk, siis nimetame teda negatiivselt laetuks (negatiivset elektrilaengut tähistatakse märgiga „—“). Elektronide puudujäägi korral on keha laetud positiivselt (positiivset elektrilaengut tähistatakse märgiga „+“).

Elektronide ja prootonite omadus üksteist võrdsetes hul-

kades neutraliseerida seletub sellega, et elektronil ja prootonil on suuruselt ühesugused laengud, kuid prootonil on need positiivsed, elektronil aga negatiivsed.

Kuid mida tähendab elektroni ja prootoni laengute võrdus? See tähendab, et kaks prootonit tõukavad teineteist eemale samasuguse jõuga nagu kaks elektroni, kui nad asetsevad ühesugustel kaugustel. Elektriliste osakeste külgetõmbamist ja eemaletõukamist nimetatakse vastastikuseks



Joon. 1. Nii mõjutavad üksteist elektrilised osakesed.

elektriliseks mõjutamiseks. Osake, mis sisaldab näiteks ülejäägina 9 prootonit (prootonite arv on 9 võrra elektronide arvust suurem), tõmbab üht elektroni külge üheksa korda tugevamini kui osake, mis sisaldab ülejäägina 1 prootoni. Külgetõmbejõud suureneb veel 4 korda, kui teineteist mõjutavad kaks osakest, millest üks sisaldab ülejäägina 9 prootonit, teine aga 4 elektroni (vt. skeemi joonisel nr. 1). Kui on olemas osake, mis sisaldab 2 elektroni ja 7 prootonit, siis on ta elektriline mõju sama kui viit prootonit sisaldaval osakesel: 2 elektroni ja 2 prootonit oleksid nagu neutraliseerunud.

Füüsikud tegid kindlaks mitte ainult elektronide, prootonite ja neutronite laengud, vaid ka nende kaalu.

Kõige kergem neist kolmest osakesest on elektron. Ta kaalu on endale raske ette kujutada, see on

$$\frac{1}{1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000}\text{ grammi!}$$

Prootonil ja neutronil on peaaegu ühesugune kaal; nii üks kui teine on elektronist umbes 1840 korda raskem.

Niisugused on elementaar-osakesed.

Kuidas nad siis erisuguseis aatomeis asetsevad?

Tänapäeval on teadusel selle kohta järgmised andmed.

Kõigi aatomite ehitus on samatüübiline. Iga aatomi keskel asub tema tuum, mis koosneb, nagu seda esimesena ennustas nõukogude füüsik D. D. Ivanenko, prootoneist ja neutroneist.

Tuumas ümber asetsevad elektronid, moodustades aatomi elektronkihi. Erisuguste lihtainete — keemiliste elementide aatomid erinevad üksteisest vaid elektronkihtides asuvate elektronide arvu ja aatomite tuumasid moodustavate prootonite arvu poolest.

Kuna aatom tervikuna on neutraalne — tavalistes tingimustes pole ju kehal elektrilisi omadusi —, siis on selge, et prootonite arv aatomi tuumas peab võrduma tema kesta elektronide arvule. Mis puutub neutronitesse, mis samuti kuuluvad aatomi tuuma koostisse, siis nende arv on kas võrdne või veidi erinev prootonite arvust.

Kuidas neutronid ja prootonid aatomi tuumas asetsevad, on meil seni teadmata. See-eest on füüsikud juba küllalt hästi õppinud tundma elektronkihtide ehitust. On tehtud kindlaks, et elektronide arv erisuguste aatomite elektronkihtides kõigub 1-st kuni peaaegu 100-ni. Vastavalt sellele on erisugustel aatomitel erinev ka prootonite arv. Nii asetseb vesiniku-aatomi elektronkihis üks elektron ja sellele vastavalt asub vesiniku-aatomi tuumas üks prooton. Täpselt samuti asub ka hapniku-aatomi tuumas 8 prootonit ja hapnikuaatomi elektronkihtides 8 elektroni.

		Elementide				
		I	II	III	IV	V
Perioodid	1					
	2	Li ³ <i>Liitium</i> 6,940	Be ⁴ <i>Berüllium</i> 9,02	B ⁵ <i>Boor</i> 10,82	C ⁶ <i>Süsinik</i> 12,010	N ⁷ <i>Lämmastik</i> 14,008
	3	Na ¹¹ <i>Naatrium</i> 22,997	Mg ¹² <i>Magneesium</i> 24,32	Al ¹³ <i>Alumiinium</i> 26,97	Si ¹⁴ <i>Räni</i> 28,06	P ¹⁵ <i>Fosfor</i> 30,98
	4	K ¹⁹ <i>Kaalium</i> 39,096	Ca ²⁰ <i>Kaltsium</i> 40,08	Sc ²¹ <i>Skandium</i> 45,10	Ti ²² <i>Titaan</i> 47,90	V ²³ <i>Vanaadium</i> 50,95
		Cu ²⁹ <i>Vask</i> 63,57	Zn ³⁰ <i>Tsink</i> 65,38	Ga ³¹ <i>Gallium</i> 69,72	Ge ³² <i>Germaanium</i> 72,60	As ³³ <i>Arseen</i> 74,94
	5	Rb ³⁷ <i>Rubiidium</i> 85,46	Sr ³⁸ <i>Strontsium</i> 87,63	Y ³⁹ <i>Ütrium</i> 88,92	Zr ⁴⁰ <i>Tsirkoonium</i> 91,22	Nb ⁴¹ <i>Nioobium</i> 92,91
		Ag ⁴⁷ <i>Höbe</i> 107,88	Cd ⁴⁸ <i>Kadmium</i> 112,41	In ⁴⁹ <i>Indium</i> 114,76	Sn ⁵⁰ <i>Tina</i> 118,70	Sb ⁵¹ <i>Antimon</i> 121,76
6	Cs ⁵⁵ <i>Tseesium</i> 132,91	Ba ⁵⁶ <i>Baarium</i> 137,36	La ^{57*} <i>Lantaan</i> 138,92	Hf ⁷² <i>Hafnium</i> 178,6	Ta ⁷³ <i>Tantaal</i> 180,98	
	Au ⁷⁹ <i>Kuld</i> 197,2	Hg ⁸⁰ <i>Elavhõbe</i> 200,61	Tl ⁸¹ <i>Tallium</i> 204,39	Pb ⁸² <i>Seahna</i> 207,24	Bi ⁸³ <i>Vismut</i> 209,00	
7	Fr ⁸⁷ <i>Frantsium</i> 223	Ra ⁸⁸ <i>Raadium</i> 226,05	Ac ^{89**} <i>Aktiinium</i> 227,05	Th ⁹⁰ <i>Toorium</i>	Pa ⁹¹ <i>Protaktiinium</i>	

* Lantaniidid				
Ce ⁵⁸ <i>Tseerium</i> 140,13	Pr ⁵⁹ <i>Praseodüüm</i> 140,92	Nd ⁶⁰ <i>Neodüüm</i> 144,27	Pm ⁶¹ <i>Promeetium</i>	Sm ⁶² <i>Samaarium</i> 150,43
Tb ⁶⁵ <i>Terbium</i> 159,2	Dy ⁶⁶ <i>Düsproosium</i> 162,46	Ho ⁶⁷ <i>Holmium</i> 164,94	Er ⁶⁸ <i>Erbium</i> 167,2	Tu ⁶⁹ <i>Tuulium</i> 169,4

** Aktiniidid				
Th ⁹⁰ <i>Toorium</i> 232,12	Pa ⁹¹ <i>Protaktiinium</i> 231	U ⁹² <i>Uraan</i> 238,07	Np ⁹³ <i>Neptuunium</i>	Pu ⁹⁴ <i>Plutoonium</i>

Joon. 2. D. I. Mendelejevi

rühmad				
VI	VII	VIII		0
	¹ H <i>Vesinik</i> 1,008			² He <i>Heelium</i> 4,003
⁸ O <i>Hapnik</i> 16,0000	⁹ F <i>Fluor</i> 19,00			¹⁰ Ne <i>Neoon</i> 20,183
¹⁶ S <i>Väävel</i> 32,066	¹⁷ Cl <i>Kloor</i> 35,457			¹⁸ Ar <i>Argoon</i> 39,944
²⁴ Cr <i>Kroom</i> 52,01	²⁵ Mn <i>Mangaan</i> 54,93	²⁶ Fe <i>Raud</i> 55,85	²⁷ Co <i>Koobalt</i> 58,94	²⁸ Ni <i>Nikkel</i> 58,69
³⁴ Se <i>Seleen</i> 78,96	³⁵ Br <i>Broom</i> 79,916			³⁶ Kr <i>Krüptoon</i> 83,7
⁴² Mo <i>Molübdeen</i> 95,95	⁴³ Tc <i>Tehneetium</i> 99	⁴⁴ Ru <i>Ruteenium</i> 101,7	⁴⁵ Rh <i>Roodium</i> 102,91	⁴⁶ Pd <i>Pallaadium</i> 106,7
⁵² Te <i>Telluur</i> 127,61	⁵³ J <i>Jood</i> 126,92			⁵⁴ Xe <i>Ksenoon</i> 131,3
⁷⁴ W <i>Volfram</i> 183,92	⁷⁵ Re <i>Reenium</i> 186,31	⁷⁶ Os <i>Osmium</i> 190,2	⁷⁷ Ir <i>Iriidium</i> 193,1	⁷⁸ Pt <i>Plaatina</i> 195,23
⁸⁴ Po <i>Poloonium</i> 210	⁸⁵ At <i>Astaatium</i> 211			⁸⁶ Rn <i>Radoon</i> 222
⁹² U <i>Uraan</i>				

⁶³ Eu <i>Euroopium</i> 152,0	⁶⁴ Gd <i>Gadolinium</i> 156,9
⁷⁰ Yb <i>Üterbium</i> 173,04	⁷¹ Lu <i>Luteetsium</i> 174,99

⁹⁵ Am <i>Ameriitsium</i>	⁹⁶ Cm <i>Küürium</i>
--	--

elementide perioodiline tabel.

Väga suurt elektronide arvu omab keemilise elemendi uraani aatom: selle aatomi elektronkihtides asub 92 elektroni ja tema tuumas 92 prootonit.

Niisiis määratakse erisuguste aatomite füüsikalised ja keemilised omadused kindlaks prootonite ja elektronide arvuga või, mis on sama, aatomituuma positiivse laengu suurusega.

Nimetust „elektronihid“ ei tarvita me mitte juhuslikult mitmuses. Elektronid jaotuvad aatomis nagu kihtidena. Seejuures võib igasse kihti mahtuda ainult kindel hulk elektrone. Esimene kiht — kiht, mis vahetult ümbritseb tuuma, võib mahutada ainult 2 elektroni, teine — 8, kolmas — 18 elektroni jne.

Selgitame seda näidete varal hapniku- ja vesiniku-aatomiga. Hapniku-aatomi tuum koosneb 8 prootonist ja 8 neutronist. Ta 8 elektroni asetsevad kahes kihis: esimeses 2 ja teises 6. Teine kiht jääb natuke täitmata; ta võiks mahutada veel kaht elektroni. Naatriumiaatomi tuumas on 11 prootonit ja 11 või 12 neutronit. Naatriumi 11 elektroni on jaotunud kolme kihti: esimeses 2, teises 8 ja kolmandas 1 elektron. Enamikel juhtudel võivad elektronid olla järgmises kihis ainult siis, kui eelnev kiht on nendega täidetud.

Kui ehitada sellised skeemid ka teiste lihtainete — elementide — aatomite kohta, siis ilmneb selge side aatomi keemiliste omaduste ja ta ehituse vahel. Suur vene teadlane D. J. Mendelejev ennustas geniaalselt seda sidet oma perioodilises elementide tabelis.

Joonisel 2 on toodud Mendelejevi tabel, mis on koostatud kooskõlas viimaste andmetega. Neli elementi, numbrite all 93—96, saadi kunstlikult viimaseil aastail, — need on neptuunium, plutoonium, ameriitsium ja kүүrium.

Mendelejev paigutas keemilised elemendid oma tabelis nii, et tabeli ühtedesse ja samadesse lahtritesse mahutatud elementidel on sarnased keemilised omadused. Lahtrite paigutuse korra määravad samuti kindlaks elementide keemilised omadused. Elementide niisuguse tabelisse paigutuse

tulemusel sai igaüks neist mingisuguse järjekorra-
numbri, mida nimetatakse Mendelejevi arvuks. Osutub,
et sel Mendelejevi arvul on üsna lihtne sisu: ta näitab
elektronide arvu aatomis.

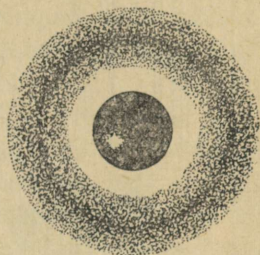
Mendelejevi tabeli ühtedesse ja samadesse lahtritesse
satuvad aatomid ühesuguse elektronide arvuga väliskihis.
Nii näiteks omavad esimeses laht-
ris asuvad elemendid: liitium, naat-
rium, kaalium, jne. väliskihis üht
elektroni. Teises lahtris asuvad ele-
mendid: berüllium, magneesium,
kaltsium — kaht elektroni jne.

On vaja märkida, et aatomid
võivad kaotada või endaga liita
üht või mitut elektroni ning sel
teel omandada positiivset või ne-
gatiivset laengut. Niisuguseid lae-
tud aatomeid nimetatakse iooni-
deks. Eriti kergesti eralduvad aato-
mist need elektronid, milliseid on vähe väliskihis.

Nii näi-
teks „annab“ naatrium kergesti ära oma üheteistkümne
elektroni; see elektron on ainuke kolmandas kihis mis võib
mahutada, nagu öeldud, 18 elektroni. Vastupidi, hapnik aga
liidab endaga meeeldi kaks temal puuduvat elektroni sel-
leks, et väliskiit oleks täidetud. Esimesel juhul saadakse
ühelaenguline positiivne naatriumi-ion, teisel juhul aga
negatiivne kahelaenguline hapniku-ion.

Milline on siis aatomi ja iooni väline kuju? Vastus pole
ootamatu: elektronkihtidel on kerajas kuju. Umbkaudu võib
aatomit endale ette kujutada laste mänguasja taoliselt ehi-
tatud lahtivõetava kerana, mille sisemusse on suletud ikka
väiksemad ja väiksemad kerakesed. Välimise kera suurus
ongi aatomi suurus. Kihtide läbimõõt kõigub 1-st kuni 4
ongströmini.

Seejuures on vaja meeles pidada, et aatomi elektronid
kogu aeg liiguvad, nende teed tuuma ümber on aga või-



Joon. 3. Naatriumi-
aatomi mudel.



Joon. 4. Aatomite ja ionide suhtelised suurused. Selles tabelis on näidatud tänapäeval teadaolevad aatomite ja ionide suurused. Mõnede elementide kohta on meil teada nii ionide kui ka aatomite raadiused. Neil juhtudel on Mendelejevi tabeli igas ruudukeses näidatud kaks kuulikest. Negatiivsed ioonid on aatomeist suuremad; positiivsed ioonid on aatomeist väiksemad,

matu jälgida; tänapäeva teadus näitas, et elektroni ei saa endale ette kujutada väikese kuulikesena. Seepärast ei saa aatomit kirjeldades paigutada elektrone tuuma ümber nagu vigureid karussellil.

Kuidas siis kujutleda endale elektronikihti?

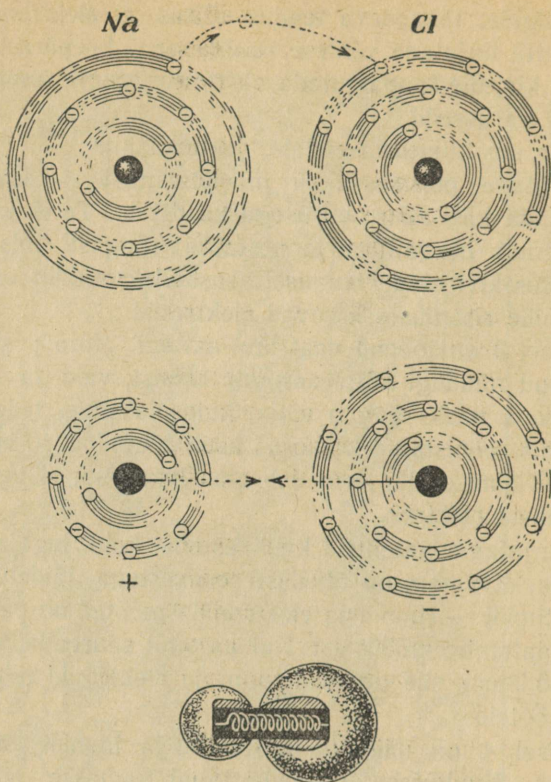
Meenutage poisikeselikku meelelahutust — kivi nööri otsas, mida käsi suure kiirusega keerutab. Te ei näe kivi, näete ainult nõrgalt piirjoonestatud rõngast, mis näitab kohta, kus kivi oma liikumisel asus. Elektronikiht ongi piirkond, mille sisemuses liiguvad elektronid.

Joonisel 3 on toodud naatrium-aatomi „foto“; siin pole pildistatud muidugi mitte aatomit ennast, vaid ta mudelit: niisugusena näeks aatom välja, kui saaksime teda pildistada. Täis joonistatud keskosas asub tuum ja 10 elektroni, ähmase välimise kihi kujundab oma liikumisel välimine ühe-teistkümnes elektron.

Me kujutame aatomeid kuulikestena, kuid lugeja ei pea mõtlema, et aatom on tihedasti osakestega täidetud. Hoopis vastupidi — tuuma ja elektronide mõõted on palju väiksemad aatomite mõõdetest. Kui aatomit suurendada näiteks toa mõõdeteni, siis omavad tuum ja elektronid tolmutüübete mõõteid.

Joonisel 4 on näidatud aatomite ja ionide suhtelised suurused. Kuulikesed on paigutatud samasse järjekorda nagu Mendelejevi tabelis. Aatomi suurus oleneb sellest, kas ta on neutraalses olekus, või ta kaotas või omandas lisa elektrone. Näiteks omab räni — Si — aatom 1,2 ongströmilist raadiust. Kui ta kaotab 4 elektroni ja muutub neljalaenguliseks positiivseks iooniks, siis väheneb ta raadius kolm korda. Vastupidi, neljalaengulise negatiivse räni-iooni raadius on suurem kui 2 ongströmi.

Ei ole aga vaja mõelda, et aatomi suurus sõltub ainult elektronide arvust. Kui võrdleme aatomit tema ioonidega, siis elektronide arvu suurenemisega suureneb tõesti ka aatom. Hoopis teine lugu on erisuguste neutraalsete aatomite suuruste võrdlemisega, mis omavad elektronide erine-



Joon. 5. Keedusoola molekuli tekkimise skeem. Ülal annab naatriumiaatom oma elektroni klooriaatomile; seejuures muutuvad mõlemad aatomid ionideks. Keskel tõmbuvad ionid elektriliste tungide toimele üksteise ligi ning moodustavad lõpuks ühe terviku samal viisil, nagu see toimuks kahe kuuliga, kui need tõmbuksid teineteise ligi vedru toimele (vt. all).

vaid hulki. Sel juhul võib esineda vastupidine pilt. Lugu on selles, et elektronide suure arvu puhul on aatomi tuumas ka protonite arv suurem. Täheandab, tuuma elektrilaeng muutub suuremaks ja seepärast tõmbab tuum endale elektrone ligi suurema jõuga ja kest tõmbub koomale.

3. MOLEKULID.

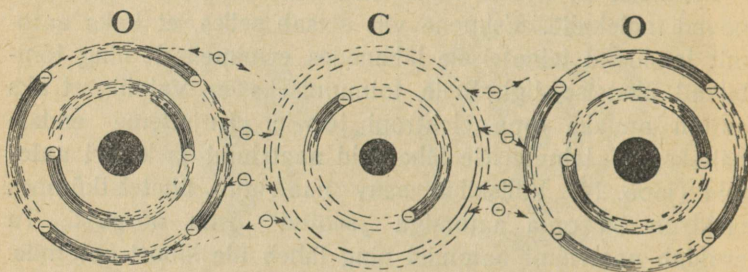
Niisiis on looduses ligi 100 lihtainet — keemilist elementi. Üksteisega kõige mitmekesisemais kombinatsioonides ühinedes loovadki nende ainete aatomid looduse mitmesuguste kehade selle hiiglasuure hulga, mida näeme meid ümbritsevas maailmas. Nagu juba eespool rääkisime, on kõigi keemiliste ühendite kõige väiksemaks osakeseks molekul; ta koosneb keemiliste elementide aatomeist.

Kuidas siis toimub aatomite ühinemine molekulideks?

Põhiliselt on olemas kaks viisi, mille abil aatomeist kujunevad molekulid. Esimene viis seisab selles, et kaks aatomit laaduvad teineteisele lähenedes erinimeliselt ning tõmbuvad üksteise ligi. Selle toimumiseks on vajalik, et üks aatom annaks oma elektroni teisele. Kujutleme endale näiteks, et teineteisele lähenevad naatriumi ja kloori aatomid (joon. 5). Väliskihis asuv naatriumi üheteistkümmes elektron on oma aatomiga „seotud“ üsna nõrgasti. Ta eraldub naatriumi aatomist ning läheb üle kloori aatomile. Tekib ühelaenguline positiivne naatrium-ioon (üks elektron on ära antud) ja ühelaenguline negatiivne kloor-ioon (üks elektron on juurde saadud). Kuna saadud ionid omavad vastupidiseid laenguid, siis tõmbavad nad teineteist ligi ning moodustavad kloornaatriumiks nimetatava aine molekuli. Kloornaatrium on, nagu juba öeldud, tavaline keedusool.

Uurides kõikvõimalikke ühendusi aatomite vahel, võib avastada, et aatomeil on püüe ära anda väliskihi elektrone. Sel juhul, kui väliskihit on nõrgasti „asustatud“ (üks, kaks, kolm elektroni). Ja vastupidi, aatomid püüavad endaga ühendada elektrone, kui nende väliskihis on 1—3 elektroni alla 8. Kloori aatomil on elektronidega täidetud kaks esimest kihti, kolmandas asub aga 7 elektroni, seepärast püüab kloori aatom endaga ühendada üht elektroni. Hapniku-aatomil on täidetud esimene kiht, teises aga asub 6 elektroni — hapniku-aatom püüab endaga ühendada kaht elektroni.

Aatomitest molekulide tekkimise teine viis on niisugune: kahe või rohkem aatomi lähenemisel lakkavad nende väliskihitudes asuvad elektronid kuulumast mingisugusele ühele aatomile ning seostuvad kahe aatomiga. Siseelektronid aga jäävad endiselt iga üksiku aatomi „korraldusse“. Nii tekib näiteks süsihappegaasi molekul (joon. 6). See molekul koosneb ühest süsiniku ja kahest hapniku aatomist. Süsiniku aatomil on 6 elektroni, hapniku aatomil — 8. Molekul tekib järgmiselt: süsiniku-aatom jätab oma „individuaalsesse kasutusse“ ainult kaks elektroni, elektronide teise paariga



Joon. 6. Süsihappegaasi molekuli skeem „Vahetatavad“ elektronid on näidatud ringidena väljaspool katteid.

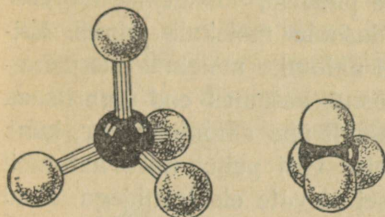
seostub ta ühe hapniku aatomiga ja kolmanda paariga — teise hapniku aatomiga. Omakorda annab hapnik „vahetuks“ ära kaks elektroni ja jätab endale kuus elektroni. Niiviisi võtab süsiniku-hapniku igast seosest osa kaks paari elektrone.

Hapniku- ja süsiniku-aatomi niisuguse ühinemise tulemusel liigub hapniku-aatomi tuuma lähedal 10 elektroni ja sama palju liigub neid ka süsiniku aatomi tuuma lähedal. Teiste sõnadega, iga aatom omab üht elektronidega täidetud kihti (tuletage meelde, et esimeses kihis on kaks elektroni) ja peale selle „tiirleb“ aatomi ümber veel 8 elektroni.

Jällegi arv 8, mida me juba kohtasime.

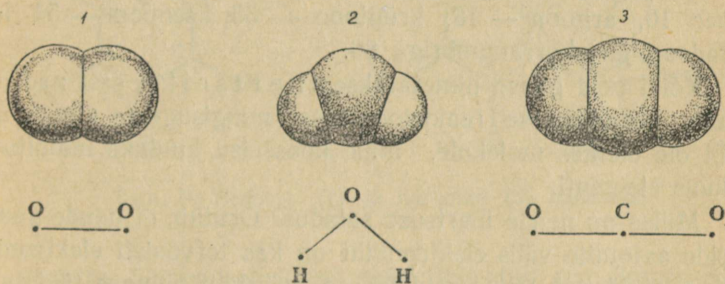
Peame seda meeles ja arutame läbi teise näite.

Vee molekul koosneb ühest hapniku- ja kahest vesiniku-aatomist. Vesiniku-aatom on esimene element Mendelejevi tabelis; tal on üks elektron. Hapniku-aatomil on esimene elektronide kiht täis, teises aga asub 6 elektroni. Nende



Joon. 7. Metaani molekul.

aatomite molekuliks ühinemisel jätab hapnik endale kuuest väliselektronist neli: ühe oma elektroniga seostub ta esimese vesiniku-aatomiga, teise elektroniga aga teise vesiniku-aatomiga. Omakorda annab vesinik oma ainukese elektroni ühiseks kasutamiseks hapnikuga. Tulemusena



Joon. 8. Hapniku (1), vee (2) ja süsihappegaasi (3) molekulid.

teostub iga hapniku-vesiniku seostus ühe paari elektronide abil. Vesiniku-aatomi lähedal tiirleb kaks elektroni, hapniku aatomi lähedal aga jällegi 10: kaks elektroni esimeses kihis ning veel 8.

Jällegi sama arv 8!

Näidete arvu ei hakka me suurendama. Osutub, et kee-

miliste ühendite tunduvast enamuses etendab see arv 8 aatomi-ümbruse suhtes otsustavat osa. Aatomid püüavad molekulideks ühinedes end ümbritseda 8 elektroniga.

See püüe ümbritseda ennast kaheksa „naabriga“ on lähedane elektronikihi täitmise püüdele, milline ilmneb eespool vaadeldud (joon. 5) keedusoola molekuli juures. Eri-nähtus on ainult selles, et seal aatomite molekulideks ühinemise esimese viisi puhul õnnestub aatomeil end ümbritseda 8 elektroniga, mis tiirlevad ainult ühe aatomi ümber, kuna aga molekulide tekkimise teise viisi puhul tuleb aatomeil „rahulduda“ ühisel kasutamisel olevate elektronidega. Kuid ikkagi liigub iga aatomi lähedal 8 elektroni.

Millega võib seletada molekulideks ühinevate aatomite „kalduvust“ ümbritseda end nimelt just 8 elektroniga?

Osutub, et aatomi niisugune ümbris on kõige püsivam. Seda näitab hiilgavalt Mendelejevi tabel. Tema nullrühma on paigutatud keemilised elemendid — gaasid: heelium, mille järjekorranumber on 2, neon — järjekorranumber 10, argoon — 18, krüptoon — 36, ksenoon — 54 ja radoon järjekorranumbriga 86.

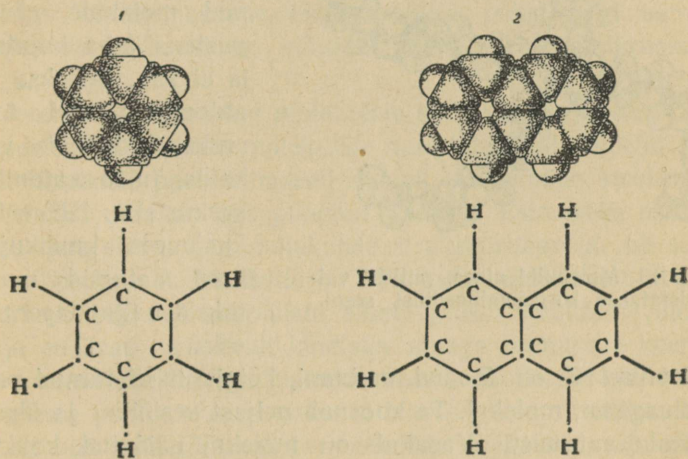
Kõiki neid gaase nimetatakse inertseiks, sest nad ei astu keemilistesse reaktsioonidesse mingisuguste ainetega. Ei ole olemas molekule, mille koosseisu kuuluks mainitud kuus elementi.

Milles on nende inerttsuse saladus? Osutub, et nende gaaside aatomite välis elektronikiht on kas tervenisti elektronidega täidetud või sisaldab see väliskihit viimase täidetud elektronikihi ümber kõige püsivamat arvu elektrone ja nimelt 8. Tegelikult ongi heeliumi aatomi tuum ümbritsetud ühest täidetud elektronihist, neooni aatomi tuum kahest täidetud kihist, kusjuures teises kihis on kaheksa elektroni; argooni tuuma ümbritseb kaks täidetud kihti ja veel kaheksa elektroni, krüptooni tuuma — kolm täidetud kihti pluss 8 elektroni ($2+8+18+8=36$); ksenooni ja radooni väliskihis on samuti 8 elektroni.

Neist näiteist ilmneb, et aatomite kaheksast elektronist

koosnev ümbris (väliskiht) on tõesti kõige püsivam. Nimelt seepärast inertsed gaasid ei ühinegi mingisuguste teiste ainetega molekulideks.

On teada, et on olemas mitte ainult liitkehade — keemiliste ühendite molekulid, vaid ka lihtkehade molekulid. Näiteks on õhu koostisesse kuuluvad gaasid — lämmastik ja hapnik õhus mitte aatomite, vaid kaheaatomiliste molekulide kujul. See seletub aatomite sama püüdega omada kõige püsivamat kaheksaelektronilist väliskihti. Kui näiteks



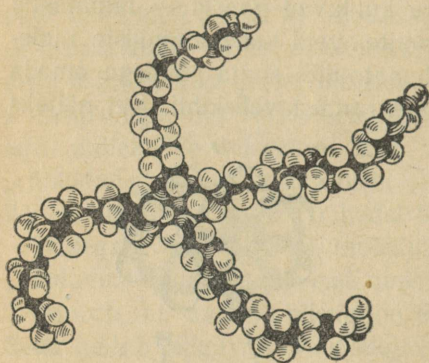
Joon. 9. Bensooli (1) ja naftaliini (2) molekulid.

aatomite ühinemisel kahel neist õnnestub end ümbritseda kaheksa elektroniga, siis tekib tingimata keemilise elemendi molekul. Nii puudub üksikul hapniku aatomil kaheksaelektronilise katte kujundamiseks kaks elektroni. Kui aga kaks aatomit omavahel ühinevad, ühistades seejuures neli elektroni (kummaltki kaks), siis liigub nende mõlema lähedal 8 elektroni.

Sellest vaatepunktist on arusaadav näiteks molekulide puudumine argoonil: argooni aatomil on kaheksaline elektronikiht ja ta ei ühine teise aatomiga.

Kahel vaadeldud viisil tekkinud molekulide kuju on vaja kujutleda erinevana. Niisugust molekuli nagu kloornaatrium võib endale kujutella kahe teineteist puutuva kuulike-

sena (joon. 5). Ioonide kuju ja suurus pärast molekuliks ühinemist peaaegu ei muutu.



Joon. 10. Molekulid aines, millest valmistatakse kõrgekvaliteedilist seepi.

Teisel viisil tekkinud molekulile, niisugustena juba kujutella ei saa. Selleks, et aatomite vahel toimuks elektronide vahetus, tuleb aatomite keskustel läheneda, kusjuures kuulikuju- lised aatomid muutuksid nagu laperguseks.

Joonisel 7 on toodud metaani, kõigile hästi tuntud valgustusgaasi, molekul. Ta koosneb neljast vesiniku- ja ühest süsiniku-aatomist. Vasakul on molekul näidatud kokkuleppelises kujutuses — kuulikesed (aatomid) on lahku nihutatud ja teljekesed näitavad, millises suunas siin mõjuvad aatomeid molekuliks siduvad jõud. Nende jõudude mõjul surutakse aatomid nii üksteise ligi, et nad muutuvad „laperguseks“, — tekib joonisel (lk. 19) näidatud molekul.

Niisiis võib kõiki teisel viisil tekkinud molekulile kujutella endale koosnevaina niiditud kuulikestest.

Erisuguste ainete molekulid, nagu see on toodud joonistel 8, 9 ja 10, omavad kõige mitmekesisemat kuju ja suurust.

Hapniku molekul koosneb kahest aatomist. Ta näeb välja kahe kokkupressitud kuulina. Süsihappegaasi molekulil on lineaarne kuju; tema aatomid asetsevad sirges joones. Vee

molekul, kuigi ta koosneb nagu süsihappegaasigi molekul kolmest aatomist, ei oma lineaarset kuju, tema aatomid asetsevad üksteise suhtes teatud nurga all. Bensooli molekul on lame ja näeb välja nagu kuue kroonlehega õis. Naftaliini molekulil on samuti lame kuju. Ammoniaagi molekul on püramiidikujuline. On olemas üsna pikki molekule, millede pikkus on kümneid kordi suurem ristlõikest; niisugused on rasvhapete molekulid. Valgu molekulid on veel suuremad, neisse kuulub tuhandeid aatomeid. Sääraste molekulide suurus ulatub sadade ongströmiteni. Need ongi samad molekulid, milliseid on võimalik näha elektronmikroskoobiga.

Joonisel 9 on toodud molekulide skeemid — „skeletid“ ja nende kohal samade molekulide mudelid. Need mudelid ehitati füüsikute poolt viimaseil aastail. Molekulide struktuuri „skeletid“ omavad aga pikemat ajalugu. Esimeseks teadlaseks, kes ehitas üles molekulide struktuuriteooria, oli suur vene õpetlane A. M. Butlerov. Ta esitas molekulide struktuuri skeletid rea keemiliste ainete jaoks. Struktuurivalemi kuju määrati eranditult kindlaks ainega toimuvate keemiliste muutuste tundmaõppimise alusel. Butlerovi ja tema järglaste poolt esitatud valemid leiavad ilma erandita kinnitust uusimate füüsikaliste meetodite abil, mis võimaldavad ehitada molekulide mudeleid.

4. AINE KOLM OLEKUT.

Üht ja sama ainet võib looduses kohata kolmes olekus — gaasi, vedeliku või tahke keha näol. Kui jäätükki soojendada, siis ta sulab ja muutub veeks; kui vett veel rohkem soojendada, muutub ta auruks. Aur on gaasikujuline vesi, jää aga on tahke vesi.

Mõned ained on looduslikes tingimustes tuntud meie ainult ühes olekus. Näiteks tunneme õhku gaasina, elavhõbedat vedelikuna, rauda aga tahke kehana. Kuid ka need

ained võivad samuti esineda kolmes olekus nagu ilma erandita kõik ained. Küllalt madalal temperatuuril vedelikud tarduvad, kõrgel temperatuuril aga aurustuvad. Gaasi võib muuta vedelikuks, seejärel aga ka tahkeks kehaks. Laboratooriumides on praegusel ajal üsna tihti tegemist vedela õhuga; võib saada ka tahket õhku. Elavhõbe külmub umbes neljakümnekraadilise külma juures (Celsiuse järgi). Rauda on väga kõrges temperatuuris võimalik muuta auruks.

Gaasilise keha põhimiseks omaduseks on võime hajuda ruumis; mistahes suurusega anumasse suletud gaas jaotub ühtlaselt selles anumas.

Vedelik seevastu säilitab alati teatud ruumala. Mis puutub vedeliku kujusse, siis tal seda ei ole — ta võtab selle anuma kuju, millesse me ta valasime.

Tahkel kehal on mitte ainult kindel ruumala, vaid ka kindel kuju. Tahke keha kuju võib muuta ainult välisjõudude kaasabil — kokkusurumisega, venitamisega, löögiga.

Kuid vaatamata aine kolme oleku suurele välisele erinevusele, säilib aine aatomiline ja molekulaarne koostis kõigel kolmel juhul. Muutub ainult osakeste vastastikuse asetuse ja liikumise iseloom.

Kuidas siis molekulid ja aatomid käituvad gaasides, vedelikes ja tahketes kehaosades?

Alustame aine lihtsaimast gaasilisest olekust. Gaasi molekulid on kogu aeg liikvel. Nad liiguvad otsesuunaliselt ja ühtlaselt seni, kuni põrkavad üksteise vastu. Pärast kokkupõrget lendavad molekulid laiali erinevais suundades nagu kaks kokkupõrganud piljardipalli. Juba ammu enne katsete tõendite saamist nägi seda pilti geniaalselt ette suur vene teadlane M. V. Lomonossov. Oma töös „Попытка теории упругой силы воздуха“ (õhu elastse jõu teooria katse) ta arendas nn. gaaside kineetilise teooria alged.

Korrapäratud kokkupõrked viivad selleni, et gaasi molekulid liiguvad erinevate, kogu aeg muutuvate kiirustega. Ühele molekulile lendas teine ja tõukas teda tagant — lii-

kumine kiirenes, järgmisel momendil aga toimus kokkupõrge vastutuleva molekuliga — kiirus vähenes järsult. Iga molekuli „elu“ möödub mitmesugustes kokkupõrgetes ja liikumistes kokkupõrgete vahel. Kuid märkimisväärne on järgmine: mingisugusel kindlal temperatuuril on molekulide keskmine liikumiskiirus suure ajavahemiku kestel ühesugune. Molekulide keskmise liikumiskiiruse määrab temperatuur ja molekulide mass. Ühel ja samal temperatuuril liigub kergem molekul kiiremini. Näiteks on hapnikumolekuli keskmine kiirus toatemperatuuril 500 meetrit sekundis, s. o. ligi 1800 kilomeetrit tunnis! Veelgi kergem vesinikumolekul liigub samades tingimustes neli korda kiiremini — 2000 meetrit sekundis! Tuhandekraadilisel temperatuuril (Celsiuse järgi) on hapniku ja vesiniku molekulide kiirus vastavalt 1000 ja 4000 meetrit sekundis.

Mida suurem on gaasi hõredus, seda pikema tee läbivad ta molekulid üksteisega kokku põrkamata. Normaalseis tingimuses, näiteks atmosfääri õhus, lendavad molekulid ilma üksteist vastastikku tõuklemata keskmiselt läbi teosa, mille pikkus on üks kümnendik mikronit.

Gaasi molekulid asuvad üksteisest niisugusel kaugusel, et nende vahelised kohesioonijõud oma mõju ei avalda. Seepärast lendavadki gaaside molekulid laiali mitmesuguses suunas. Teisiti on aga lugu vedelikega.

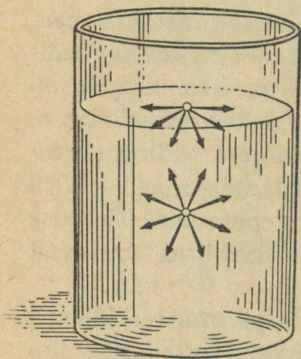
Vedelikus asetsevad molekulid samuti korrapäratult, kuid nad on üksteisele väga lähedal ja seepärast omavad neis vastastikused külgetõmbejõud suuremat tähtsust.

Suure ruumipuuduse tõttu ei saa vedeliku molekulid liikuda vabalt nagu gaasis. Iga molekul „tammub“ kogu aeg ühel ja samal kohal, ja kui ta liigubki, siis koos oma lähimate naabritega. Kindlasuunalise liikumise saavad molekulid ainult siis, kui vedelik hakkab voolama. Milline ka oleks molekuli liikumine, kuid vastastikuse külgetõmbe jõu tõttu toob ühe molekuli liikumine kaasa ka ta naabrite nihkumise.

Kuid miks võtab vedelikutilk kera kuju?

See seletub samuti molekulidevaheliste kohesiooni-jõudude toimega.

Vaadake joonisele 11. Jõud, mis mõjuvad vedeliku sees ja vedeliku pinnal asetsevale molekulile, on näidatud noolekestena. Teisel juhul omab molekul naabreid ainult altpoolt



Joon. 11. Jõud, mis mõjuvad vedeliku sees ja vedeliku pinnal asetsevale molekulile.

ja ta tõmbub vedeliku sisemiste kihtide poole. Kui on vaba vedelikutilk, siis mõjuvad sisemistele kihtidele igast küljest välimiste molekulide jõud. Vedelikutilka surutakse ühtlaselt igast küljest. On arusaadav, et sellise ühtlase surve tõttu võtab vedelikutilk kera kuju.

Erinevate vedelike molekulide ümberpaiknemine toimub suurema või vähema jõuga. Väga tihedates vedelikes on molekuli kui terviku ümberpaiknemised üsna raskendatud; niisugustes vedelikes aga nagu pigi või klaas, võib molekulide teise kohta kulgeva liikumise vabadus täiesti puududa. Neid aineid

on praktiliselt võimatu voolama panna ja nad meenutavad meile tahkeid kehi. Sellele vaatamata peame klaasi siiski vedelike hulka kuuluvaks ja nimelt järgmisel põhjusel.

Kui võtta mõni tahke keha, näiteks raud või keedusool, siis rangelt kindla temperatuuri juures (keedusool 800° ja raud 1525° juures) hakkavad nad sulama ning muutuvad vedelaks.

Klaasiga on lugu teisiti; kuumutamisel ta järkjärgult pehmeneb, muutudes järjest vähem ja vähem tihedaks ning muutub tavaliseks vedelikuks niisuguse märkamatu üleminekuga, et ei saa ära näidata ta sulamistemperatuuri.

Tahketeks kehadeks peetakse ainult neid kehi, mis omavad rangelt kindlat sulamistemperatuuri. Niisuguste

kehade ehitus erineb järsult klaasi ehitusest, mille molekulid asetsevad üksteise suhtes sama korrapäratult nagu tavaliseski vedelikus.

Kõik tõeliselt tahked kehad on ehitatud hoopis teisiti kui vedelikud. Nad omavad kristallilist ehitust. See tähendab, et nad koosnevad väikestest kristallikestest. Kristall — see on korrapärane, nagu öeldakse, sümmeetriline kujund, mis on piiratud peegelsiledade pindadega. Niisugused on näiteks jämeda keedusoola või suhkru kristallid.

Niisugust kristalli võib purustada ja peeneks tampida üliväikesteks tükikesteks. Kui aga vaadelda saadud pulbrit mikroskoobis, siis võib näha, et ka kristalli rusud — kristallilised terakesed — säilitavad suure kristalli kuju!

Kujutlege, et niisugune pulber on pressitud vormituks tükiks ja te saate ettekujutuse meid ümbritsevate tahkete kehade rõhuva enamiku ehitusest. Metallid, kivid, värvid, puu — kõik need on kristallide väikestest kildudest koosnevad pisi-kristallilised kehad. Enamikust neist aineist võib „kasvatada“ suuri, hästi tahutud kristalle.

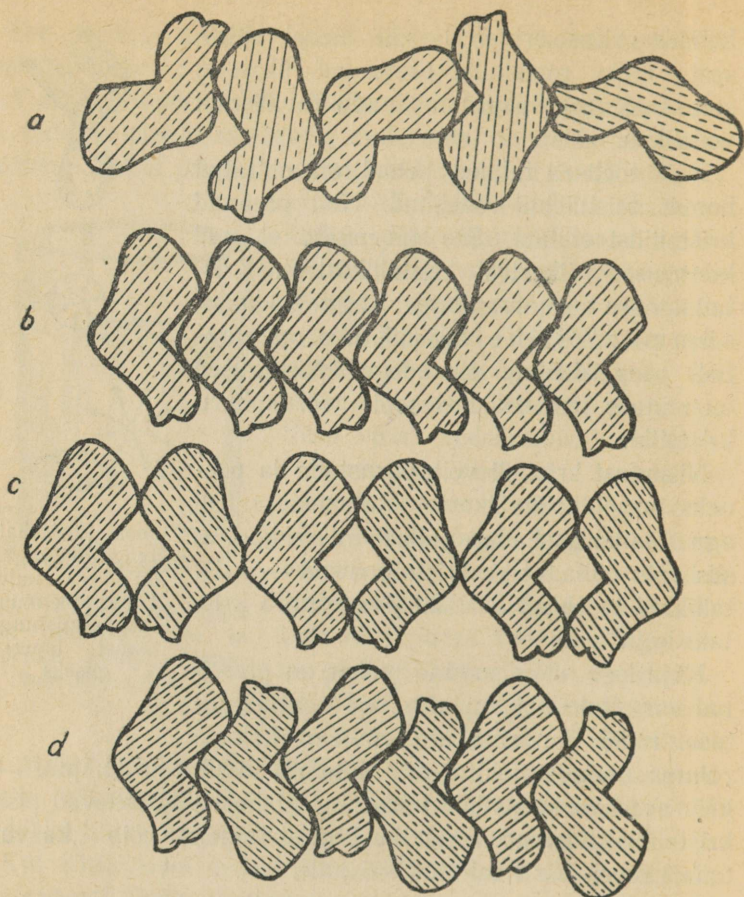
5. KRISTALLID.

Looduses võib kohata kõige mitmekesisemate vormidega kristalle. Kõik nad on korrapäraselt ehitatud. Mida tähendab olla korrapäraselt ehitatud?

Lõikame paberist välja vabalt valitud vormis kujundid ja oletame, et need on molekulid, — me kõnelesime ju sellest, et molekulid võivad omada kõige erisugusemat vormi.



Joon. 12. Vabalt langeval tilgal on kera kuju. Lebav tilk muutub raskustungi toimel laperguseks.



Joon. 13. Mõningad näited ühesugustest osakestest moodustatud ridadest.

Paigutame need kujundid lauale ühte ritta. Joonisel 13 on esitatud mitu sellist rida.

Ilma pikema kaalumisetä võib öelda, milline rida on koostatud valesti. See on kõige ülemine rida. Samal ajal näeme, et korrapäraselt moodustatud ridu on mitu, ja nad kõik erinevad üksteisest.

Korrapärasus seisab selles, et iga kujundi asend on seoses ta naabrite asendiga. Seoses ses mõttes, et teades ühe kujundi asendit, teame juba kõik naaberkujundi asendist.

Joonisel 13 b on kõik kujundid üksteisele „paralleelsed“, täpsemalt, iga järgmine kujund saadakse oma naabri nihutamisel piki joont. Joonisel 13 c on kõik kujundid paigutatud nii, et üks neist on teise peegelpildiks. Joonisel 13 d on iga kaks naaberkujundit „seotud“ teineteisega keerulisemal viisil — et saada ühest osakesest naaberosakest, on seda vaja ümber pöörata ja eelmise vastu nihutada. Kõik need asendid on erinevalt sümmeetrilised, s. o. korrapärased.

Milline siis neist korrapäraseist asendeist teostub looduses? Osutub, et kristalli tekkimisel asetsevad molekulid nii, et nende vahele jääks võimalikult vähem tühja ruumi, — see ongi kristalliseerumise põhimine reegel¹. Vaadake joonisele 13 c — molekulid ei ühine kristalliks niimoodi, vaid asetsevad nii, nagu näidatud joonisel 13 b või 13 d.

Molekulid ei ole paberist kujundid, vaid kehad, millel on maht. Kuid nende ühinemine kristallideks määratakse kindlaks samade reeglitega: molekulid peavad asetsema sümmeetriliselt ja võimalikult tihedalt üksteise vastu.

Vaadake tähelepanelikult fotot joonisel 14. Te näete, kuidas ühed molekulid hoiduvad teiste ligi! Nad püüavad tulla üksteisele võimalikult lähemale. Ja siiski jääb veel küllaltki palju tühja ruumi — kuni 30% kogu kristalli mahust.

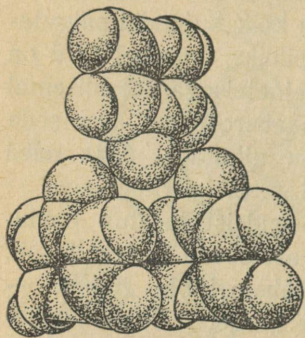
Niisugust molekulidest ehitatud kristalli nimetatakse molekulaarseks kristalliks. Enamik aineid looduses kristalliseeruvad nimelt niimoodi. Kuid on ka juhuseid, kus kristalli moodustavaiks „tellisekesteks“ ei ole molekulid, vaid aatomid ja isegi ioonid.

Ioon-kristallid moodustuvad neist aineist, millede molekulid on ehitatud aatomeist esimesel viisil. Nagu oli näidatud joonisel 5, võib niisuguseid molekule kujutada endale kuulikeste süsteemina. Vastavalt sellele kujutavad ka kris-

¹ Harvaks erandiks selles üldises reeglis on jää.

tallid endast pakendit, mis on sarnased kuulikeste pakendeile.

Püüame moodustada keedusoolaioon-kristalli. Teame juba, et keedusoola molekulid koosnevad negatiivsest kloor-



Joon. 14. Molekulide tihed pakend.

ioonist ja positiivsest naatriumioonist. Seejuures on negatiivsed ioonid positiivseist peaaegu alati suuremad. Kloorioonidest koostatakse tihe kera-pakend nagu näidatud joonisel 15. Tihedat kerakihti on võimalik ehitada ühel ainsal viisil — iga kera on ümbritsetud kuue naaberkeraga (joon. 15 a). Järgmine samasugune kiht paigutatakse eelmisele nii, et teise kihi kuulikesed satuksid eelmise kihi „lohkudesse”. Samal viisil pannakse kohale ka kolmas kiht (joon. 15 b). Saadud ehitisse jääb aga palju tühimikke; neis võtavadki aset väikesed positiivsed naatriumioonid. Nii tekib keedusoola kristall.

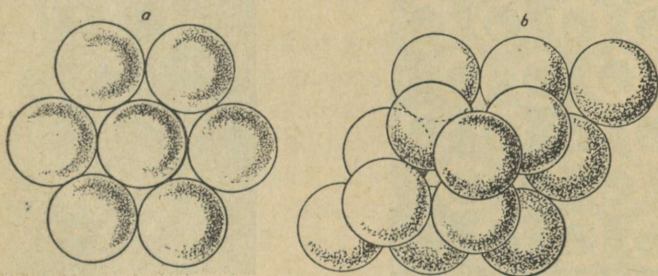
Samuti moodustuvad ka teised ioon-kristallid.

Esimesel pilgul võib näida, et kõik ioon-kristallid peavad olema peaaegu ühesugused. Kuid see pole nii. Tegelikult võib tihedat kerakihti koostada ühel ainsal viisil. Teine kiht võtab oma alla pool lohukestest ja asub esimese peal. Kuid kolmas kiht võib asetuda erinevalt — ta võib teise kihi lohukestesse asetuda nii, et asub esimese kihi peal, võib aga võtta oma alla ka teised lohukesed. Kaks samasugust võimalust on ka neljandal kihil kolmanda kihi suhtes. Selge, et paigutades üht kihti teisele erineval viisil, võib loodus ehitada kõige tihedama kuulipakendi alusel loendamatu hulga erisuguseid ioonikristalle. Me ei kõnelegi mitmesugustest võimalustest (mustritest) väikeste positiivsete ioonide jagunemises kera-pakendi tühemikes.

Kui molekulaarsest kristallist võjsime üksikut molekuli

eraldada, siisioon-kristalliga seda juba teha ei saa. See on oluline erinevus.

Miksioon-kristallist pole võimalik molekuli eraldada, seletub üsna lihtsalt. Võtame näiteks sama keedusoola kristalli. Selles kristallis on iga naatrium-ioon ümbritsetud kuue kloor-iooniga ja vastupidi. Kõik kuus naabrit on ühtemoodi lähedal antud aatomile; eraldada niisugusest kristallist mõnda paari aatomeid, mis oleksid teineteisega tugevamini seotud kui ülejäänud naabritega, ei ole võimalik.



Joon. 15. Kuidas on kuulikesi võimalik paigutada tihedasti ühte (a) ja mitmesse (b) kihti.

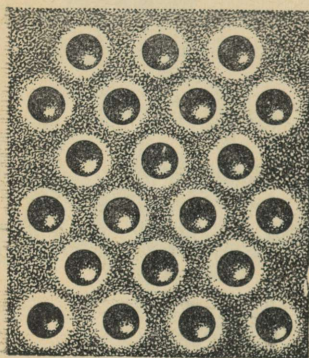
Vaatame nüüd, kuidas on ehitatud metalli-kristall. Võtame meile tuntud metalli — naatriumi.

Naatriumi-aatomi foto tõime ära eespool (joon. 3). Tuleta meelde, et must ring keskel on koht, kus asub tuum ja esimese kahe kihi 10 elektroni. Üheteistkümnes — välimine — elektron võib asuda ähmases rõngas; ta on eraldatud 10-st teisest elektronist.

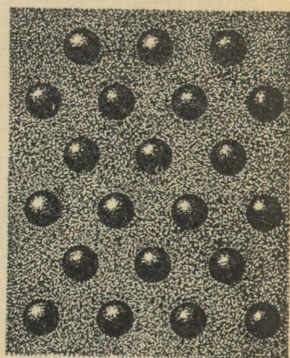
Kuna üheteistkümnes elektron on tuumaga seotud tunduvalt nõrgemini kui ülejäänud kümme, siis on täiesti loomulik vaadelda naatriumi aatomituuma kombinatsiooni kümne elektroniga kui üht tervikut. Ja nimelt see kombinatsioon ongi naatrium-ioon.

Kui aatomitest tekib metall naatrium, siis omab iga aatomikiht kvadraatse võrgu kuju: selle võrgu sõlmpunkti-des asuvad aatomite tsentrid.

Naatriumi-aatomid asuvad võrgus üksteisele niivõrd lähedal (kaugus naaberaatomite tsentrite vahel võrdub 4,3 õngströmile), et iga aatomi välimine — üheteistkümnes elektron võib olla ühtviisi lähedal paljudele naatriumi-aatomitele. Ähmane rõngas joonisel 3 näitas üheteistkümnenenda elektroni teekonda. Joonisel 16 on erisuguseil aatomel



Joon. 16. Mõeldav vahepealne pilt, mis tekiks naatriumi-aatomite lähenemisel.



Joon. 17. Metall naatriumi ehituse mudel.

nende väliselektronide rõngad (teekonnad) liitunud. Väliselektronid võivad seepärast vabalt ümber asetuda ähmasest rõngastest kujunenud võrgu kõikidesse punktidesse. Üksikuile aatomitele kuuluvate rõngaste niisuguse liitumise tõttu saab välimine elektron liikumise võimaluse mitte ainult ühe aatomi ümber, vaid võib juba liikuda kogu metalli ulatuses, käies läbi kõik aatomid. Toimub väliselektronide „vabanemine“. Vabanenud elektronid udustuvad joonisel 16 kujutatud pilti veelgi rohkem. Nad väljuvad oma kihtide piiridest ja moodustavad selle tulemusel joonisel 17 kujutatud pildi; see on juba metall naatrium, millises pole enam jälgegi väliselektronkatetest.

Nagu näete, on metall naatriumi ehitus naatriumi-aatomi

ehitusest lihtsam; välimised — üheteistkümnead — elektronid on jagatud ühtlaselt kogu metallile. Nüüd liiguvad elektronid korrapäratult kogu metallitüki ulatuses. „Keelatud“ kohti nende jaoks ei ole, välja arvatud muidugi kohad, mis on kinni positiivsete ionide all. Korrapäratult liikuvate osakeste pilt on meile tuntud — niisugust süsteemi kujutab endast gaas, mis koosneb korrapäratult liikuvast molekulidest. Seepärast on loomulik niisugust korrapäratult liikuvate elektronide kogumikku nimetada elektron-gaasiks.

Niisiis kujutab metall endast positiivsete ionide võrku, mis on „täidetud“ elektron-gaasiga.

Niisugune on kõikide metallide ehitus. Erinevus nende vahel on ainult selles, et ühed neist annavad elektron-gaasi moodustamiseks ühe „vaba“ elektroni, teised kaks jne. Elektron-gaasi olemasolu metallis selgitab neid omadusi, millised tõstavad metalli esile kõikide teiste kehade hulgas.

Näiteks juhivad kõik metallid väga hästi elektrit.

See on täiesti mõistetav, kuna elektronid on metallis vabad, ning tarvitseb anda metall-traadi otsadele väike elektripotentsiaal, et elektronid hakkaksid liikuma. Elektrivool metallides aga polegi midagi muud kui elektronide voolamine.

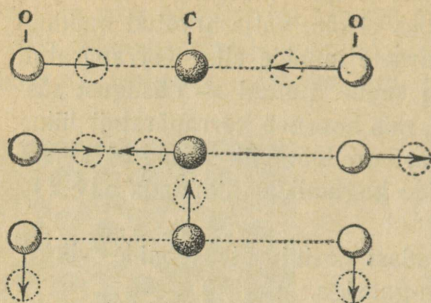
Metallide erakordne tugevus seletub samuti elektron-gaasi olemasoluga, milline „mähib endasse“ kõik ionid, muutes metalli-kristalli nagu üheks tervikuks.

6. NÄHTAMATUD LIIKUMISED.

Pole olemas materiat ilma liikumiseta.

„Kogu loodus“, ütleb Engels, „alates vähimaist osakesist ja lõpetades suurimate kehadega, alates liivaterakesest ja lõpetades päikesega, alates elusast algrakukesest ja lõpetades inimesega, on igaveses tekkimises ja kadumises, lakkamatus voolamises, väsimatus liikumises ja muutumises.“

Kõik aine osakesed, nii elementaarsed kui ka keerulised, on lakkamatus liikumises. Aatomis liiguvad üksteise suhtes



Joon. 18. Süsihappegaasi molekuli võngete skeem. Noolekesed näitavad aatomite liikumise suunda võnkumise teatud momendil.

elektronid. Molekulis võnguvad aatomid. Gaasis, vedelikus ja tahkes kehas tiirlevad ja paigutuvad ümber molekulid, samuti võnguvad oma tasakaaluasendite ümber kristalli ioonid ja aatomid.

Elektroni liikumist aatomi sisemuses ei saa endale ette kujutada mudeli abil. See

seletub sellega, et oma väikese massi tõttu elektron, nagu ka teised elementarosakesed ei käitu nii nagu silmaga nähtav osake. Elektroni liikumine allub erilistele — kvantimehaanika, mitte aga tavalise mehaanika seadustele, mille kohaselt liigub näiteks püssikuul või hernetera.

See-eest võime täie põhjendusega kasutada mudeleid elektronidest palju tuhandeid kordi raskemate osakeste — aatomite liikumise kirjeldamiseks.

Joonistel 18 ja 19 on kujutatud aatomite võnkumised süsihappegaasi ja vee molekulides, milliste ehitust vaadeldi eespool. Te näete, et molekulisiseste võngete skeem on küllaltki keeruline.

Süsihappegaasi molekulis omavad aatomid mitut liikumismoodust: sümmeetriline võnkumine (joon. 18 a), mille juures mõlemad hapniku-aatomid liiguvad taktis, süsiniku-aatomist vaheldumisi kaugenedes ja lähenedes; edasi — ebasümmeetriline (joon. 18 b) ja nurkvõnkumine (joon. 18 c), mille juures süsiniku ja hapniku aato-

mid võnguvad suunas, mis on perpendikulaarne neid ühendava sirgega. Nende võngete suund on joonisel näidatud noolekestega. Vee molekulid sooritavad kolme samalaadilist võnkumist.

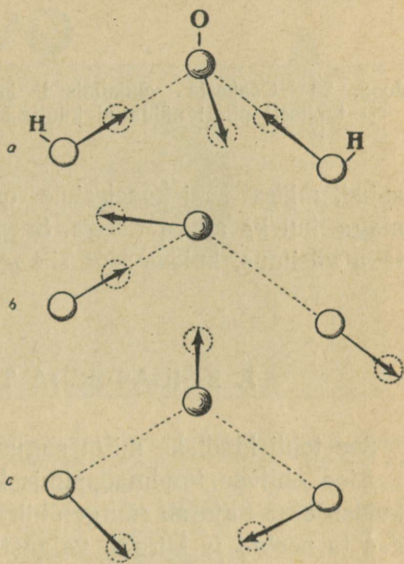
Neljast aatomist koosneva atsetüleenimolekul teeb 5 tüüpi võnkeid: kaks sümmeetrilist, ühe ebasümmeetrilise ja kaks nurkvõnkumist. Kõik need võnkumised liituvad omavahel ja toimuvad üheaegselt.

Sellest, et molekul ise kui tervik liigub gaasides suure kiirusega, samuti aga on liikumisvõimeline ka vedelikes, kõnelesime juba peatükis „Aine kolm olekut“.

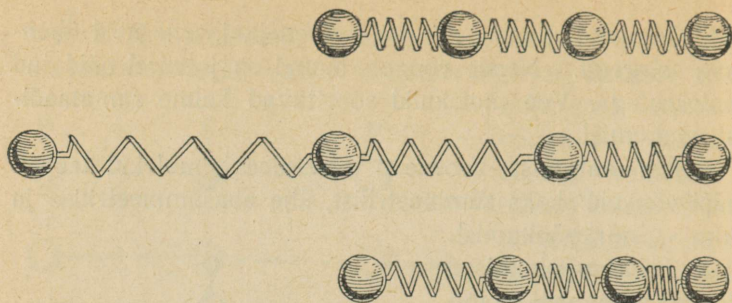
Molekulaarses kristallis sooritavad molekulid erilaadilisi võnkumisi. Kuid siin ei esine kogu aeg ühes ja samas suunas toimuvat liikumist, nagu see puudub ka mistahes tahkes kehas. Metallilistes ja ioonkristallides käituvad ioonid samal kombel. Ioonide võnkumised ei ole korrapäratud, vaid moodustavad laine, mis kandub kristallis edasi ja tagasi samalaadselt sellega, kuidas käes õõtsutatavas vannikeses liigub kord edasi, kord tagasi vedelikulaine.

Sellise „laine“ tekkimine seletub kahe naaberosakese vahel olevate kohesioonitugevustega. Kui üks osake eemaldub tasakaalu-asendist, siis tõmbab ta endaga tingimata kaasa ka teise osakese (joon. 20).

Aatomite, molekulide ja kristallide ehituse kõik üksik-



Joon. 19. Vee molekuli võngete skeem.



Joon. 20. Osakeste võnkumised kristallis on omavahel seotud taoliselt pildil näidatud kuulikeste võnkumistele vedrudel.

asjad, millest seni kõnelesime, on nähtamatud nii palja silmaga, kui ka aparatuuridega. Seepärast on lugejal õigus esitada küsimus, kuidas seda siis teada saada?

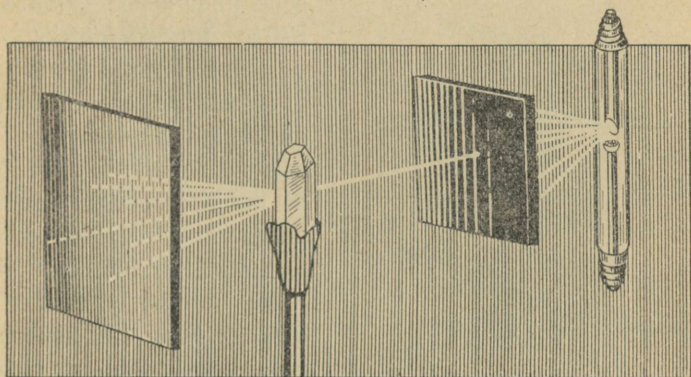
7. KUIDAS SEDA TEADA SAADI.

See tehti kindlaks mitmesuguste kaudsete meetodite abil.

Aine ehituse tundmaõppimiseks vaatlesid füüsikud seda, kuidas aine hajutab röntgenikiire ja elektronide kimpe, kuidas ta neelab ja kiirgab valgust; õpiti tundma aine elektrisolatsioonilisi ja magneetilisi omadusi, tema elektrijuhtivust jne. Igaüks neist vaatlusist viis suure, iseseisva füüsika alaosa loomisele. Nii ilmusid viimase kahekümne-kolmekümne aasta jooksul uued teadusharud — röntgenstruktuuranalüüs, elektrongraafiline analüüs, spektraalanalüüs, polarimeetria ja teised.

Meil pole siin ruumi puudusel võimalik jutustada, milles need meetodid seisavad. Jutustame näiteks vaid röntgenstruktuuranalüüsist, s. o. sellest, kuidas aine ehitust õpitakse tundma röntgenikiirte abil. See meetod osutus aatomite vahelise kauguse kindlaks määramisel kõige sobivamaks.

Mida kujutavad endast röntgenikiired? Need on silmaga nähtamatud lained, mis oma allikast — röntgenitorukesest levivad kõikides suundades. Täiesti samuti levivad raadiolained raadiojaama antenni juurest. Nende kahe „liigi“ nähtamatute lainete erinevus seisab nende lainepikkuses (laine pikkuseks nimetatakse kaugust laine kahe naaberharja või kahe oru vahel). Raadiolained on kümnete ja



Joon. 21. Röntgeni-torukesest väljuvad röntgenikiired. Eraldub kitsas paralleelne kiirtevihk, milline langeb kristallile. Meie joonisel on kristall kujutatud ebaproportsionaalselt suurena. Tegelikult on uurimiseks küllaldane umbes millimeetrilise läbimõõduga kristall. Kristalli poolt hajutatud kiired lähevad erisuundades ja langevad kristalli kõrvale paigutatud fotoplaadile.

sadade meetrite pikkused. Röntgenilainete pikkus ei ületa aga 2 ongströmi.

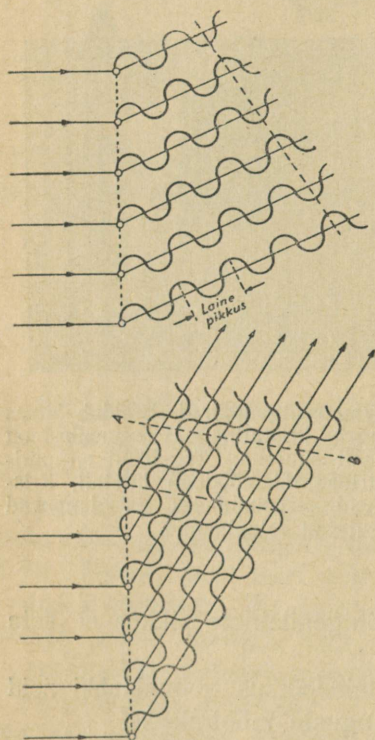
Röntgenikiirte väga lühike lainepikkus võimaldabki neid kasutada aatomitevaheliste kauguste mõõtmiseks.

Joonisel 21 on näidatud, kuidas mõõdetakse aatomitevahelisi kaugusi kristallis.

Väikesele kristallile langeb üsna peenike röntgenikiir; seejuures moodustab kiire suund kristalli servaga täisnurga.

Oletame, et meie kristall koosneb üht sorti aatomeist. Need aatomid asuvad piki kristalli serva üksteisest ühe-

sugusel kaugusel. Röntgenikiir langeb kristalli kõikidele aatomitele ja need hakkavad seda hajutama igas suunas. See tähendab, et peale kristalli murdumatult läbivat põhikiirt tekivad veel kiired, mis lähevad iga aatomi juurest igasse suunda. Seejuures üksikute aatomite juurest tulevad kiired liituvad. See liitumine võib viia hajutatud



Joon. 22. Vasakult langeb kiir. See kiir ei haju igas suunas ühesuguse tugevusega. Selles suunas, mis on näidatud ülalpool, ei teki üldse hajutatud kiirt. Vastupidi, selles suunas, mis on näidatud allpool, kulgeb kõige tugevam kiir.

kiire tugevnemisele või ka selle kadumisele (joon. 22). Kiirte tugevnemiseks on vajalik hajutatud kiirte kõigi lainete niisugune levimine, et ühe laine hari ja org asuksid kohakuti teise laine harja ja oruga. See toimub juhul, kui kiired on suunatud järsult üles (alumine joonis). Vastupidi, kui ühe laine org asub kohakuti teise laine harjaga, siis hajutatud kiir kaob (ülemine joonis).

Niisiis tekib röntgenikiire langemisel kristallile, peale selle kiire, mis läbib kristalli murdumatult, üks või mitu hajutatud kiirt. Need kiired kulgevad langeva kiire suhtes täiesti kindlate nurkade all. Seejuures tekib tugevdatud hajutatud kiir siis, nagu see nähtub joonisest 22, kui lainete poolt läbitavad kaugused mistahes kahest naaberpunkti kuni nende ühise „rindeni“ (näiteks punktiir-

jooneni AB) erinevad üksteisest ühe lainepikkuse võrra. See tähendab, et hajutatud kiire murdumisnurk määratakse kindlaks laine pikkuse suhtega kaugusesse aatomite vahel. Niisiis, kui meil on laine pikkus teada, hajutatud kiire murdumisnurka aga on võimalik mõõta, võib ka välja arvutada kauguse aatomite vahel.

8. APARAATIDEGA NÄHTAV AINE EHITUS.

Meil ei ole aparate, mille abil võiks näha aatomeid. Samuti ei saa näha, kuidas on aatomitest ehitatud molekulid. Meie nägemisvõime piiriks on ligikaudu 100 ongs-trömi suurune molekul. Niisugust molekuli võib üksiku täpina näha elektronmikroskoobi abil. Siiski aitavad mikroskoobid palju kaasa aine ehituse tundma õppimisel.

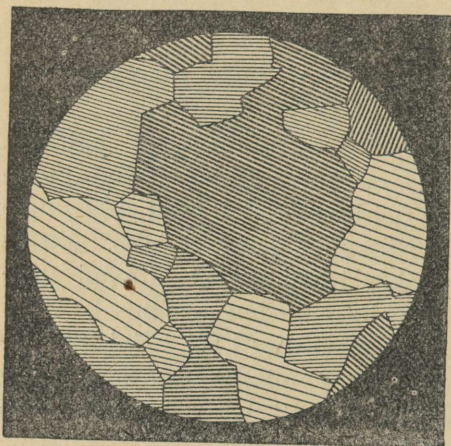
Praegusel ajal on teadlaste käsutuses kaht tüüpi mikroskoobe: tavaline, n. n. optiline mikroskoop ja elektronmikroskoop. Esimeses neist valgustatakse vaadeldavat eset päeva- või lambivalgusega. Teises mikroskoobis „valgustub“ ese elektronide kimbust. „Elektronkiired“ mõjuvad fotoplaadile samuti nagu valguskiiredki. Elektronmikroskoop annab palju kordi tugevama suurenduse kui optiline mikroskoop.

Mida võib siis aine ehitusest mikroskoopide abil teada saada? Eelkõige on võimalik uurida, millistest kristallidest on ehitatud tahked peenkristallilised kehad.

Me juba rääkisime, et enamik tahkeid kehi on ehitatud väikestest kristallidest, s. o. nad kujutavad endast nagu pressitud kristallpulbrit. Kõige selgemini avaldub niisugune ehitus metallide ja sulamite juures. Kui sulametallist valatakse mingit eset, siis hakkavad selle eseme jahtumisel paljudes kohtades kohe tekkima kristallikesed. Seejuures kasvab iga „kristalli-alge“ igas suunas seni, kuni ta kohtub naabruses kasvava kristallikesega. Ruumipuuduse ja kristallide korrapärase asetuse tõttu võib iga kristallikesed või,

nagu öeldakse, kristallitera lõplik kuju olla milline tahes. Tüüpiline ülesvõte on toodud joonisel 23.

Niisuguste fotode järgi tehaksegi kindlaks, millised muutused toimuvad kristalliteradega metalli see- või teistsugusel töötlemisel. Niisuguseid fotosid saadakse spetsiaalsete metallimikroskoopide abil.



Joon. 23. Metallisulami mikrofoto.

Kristalliterade mõõted kõiguvad tavaliselt ühest mikronist kuni kümnendiku millimeetrini.

Kui töödelda valatud metalli mehaaniliselt, näiteks valtsida või venitada, siis toimub kristalliterade pihustamine. Üheaegselt mehaaniliste jõudude toimel terad orienteeruvad, s. o. nende asetuses tekib teatav kord.

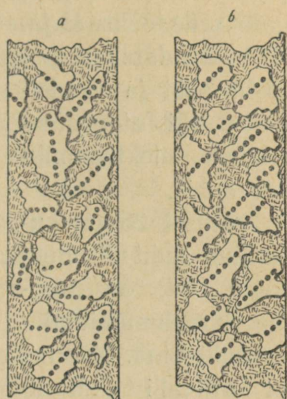
Millisest orienteerumisest on siin jutt? On ju terade killud täiesti vormitud. See on õigus, sest killu väliskuju võib olla milline tahes, kuid kristalli kild on siiski kristall; ta on ehitatud täiesti korrapäraselt kerakujulistest ioonidest. Seejärel võib igas killus „leida“ kerakestega tihedalt täidetud pinda, niisugust, nagu on toodud joonisel 15. Neid pindu võib kujutada kristalli kõigis kildudes. Enne töötlemist asetsevad need pinnad tavaliselt täiesti korrapäratult (joon. 24 a); pärast töötlemist võtavad nad aga venituse telje või valtsimise pinna ja suuna suhtes kindla asendi (joon. 24 b). Niisugust kristallide korrastatud ehk orienteeritud asendit nimetatakse tekstuuriks. Töötlemise astmelt sõltuvalt võib tekstuur olla rohkem või vähem täiuslik.

Kui valtsitud või tõmmatud metalli kuumendada, siis toimub uus kristalliseerumise protsess. Kõrges temperatuuris algab kõva metalli sisemuses vanade kristallide arvel uute kristallide tekkimine. Toimub metalli uuenemine.

Kõigi nende protsesside uurimine teostub edukalt optilise metallmikroskoobi abil.

Erakordselt huvitavaid tulemusi annab metalli pinna vaatlemine „elektronkiirtega“. Mõnede viimaste aastate jooksul töötati pealispindade vaatlemiseks elektronmikroskoobis välja niinimetatud repliigi meetod. Repliik on õhuke kile, millele kantakse uuritava eseme pinna vorm. Seda tehakse näiteks järgmiselt: eseme pinnale valatakse keemilise aine, vormipigi, lahu. Lahusti lendub ja eseme pinnale jääb vormipigi kile. Selle väljastpoolt sileda kile see pool, mis asub eseme vastu, võtab viimase pinna kuju, õigemini vastupidise — negatiivse kuju, kuna seal, kus eseme pinnal oli lohk, on kilel kõrgem koht ja vastupidi. See kile võetakse esemelt ära kas habemenoaga või niisuguse lahuse abil, mis lahustab eseme, kuid jätab kile puutumata.

Kuid negatiivi uurimine on küllaltki keeruline. Seepärast kasutatakse sagedamini niinimetatud kaheaastmelist meetodit. Sel juhul saadakse negatiiv jäljendi kujul erilisel ainel — polüstiroolil. Seejärel töödeldakse jäljendit keemilise elemendi räni aurudega, kusjuures räni sadestub õhukese-



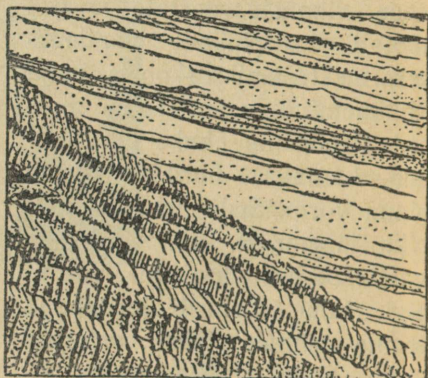
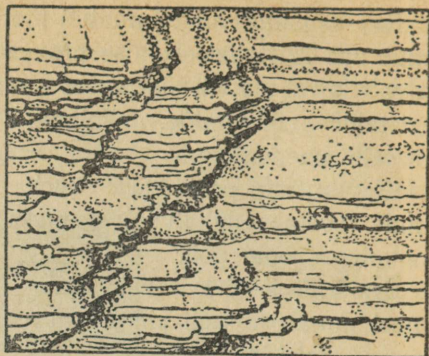
Joon. 24. Vasakul on orienteerimata, paremal — orienteeritud kristallikesed. Selguse mõttes on kristalliterakesed kujutatud üksteisest suurte kaugustel olevaina. Tegelikult nad peaaegu liubuvad tihedasti üksteise ligi. Rida musti täppterakeste sisemuses näitab neis asuvate aatomite tasandite suunda.

kile näol. See kile moodustab positiivi, s.o. mitte eseme pinna vastupidise, vaid selle tõelise kuju. Kile eraldatakse põlüstiroolist ja vaadeldakse või fotografeeritakse elektronmikroskoobis.

Joonisel 25 on kujutatud kaht niisugust fotot. See on magneesiumalumiiniumi kristalli pind. Näeme, et kristalli „ideaalselt sile“ pind ei ole tegelikult kaugelki sile. Eriti huvitav on alumine foto; see näitab piiri kahe erisuguselt orienteeritud ja kokkukasvanud kristalli vahel (kaksikristall).

Mikroskoobis vaadeldakse ka pulbreid.

Sel juhul asetseb pulbri õhuke kiht üliõhukesel läbipaistval kilel (elektronmikroskoobis) või vaatlusklaasil (tavalises mikroskoobis). Niisuguseid uurimusi teostatakse tavaliselt osakeste suuruse ja kuju kindlaks tegemiseks.



Joon. 25. Ühe ja sama aine üksiku (ülal) ja kaksik-kristalli (all) pealispind.

9. MILLEKS ÖPPIDA TUNDMA AINE EHITUST.

Lugenud läbi kõik eespoolkirjutatu, võite öelda: „See kõik on huvitav, kuid milleks on seda vaja? Milleks on tar-

vis teada, kui palju on aatomis elektrone ja kuidas molekulis asetsevad aatomid? Millist tähtsust omab see igapäevases elus?"

Osutub, et kogu kaasaegse tehnika areng ei ole mõeldav aine ehitust tundmata. Seda võib kinnitada näitega mistahes tööstusharust. Ütleme, et on vaja paremaks muuta naftatöötlemise protsessi, teha seda odavamaks, anda neid saadusi, milliseid riik vajab. See tähendab, et on vaja muuta tootmise tehnoloogiat, leida ühtede keemiliste muunduste asemele teised ja paremad. Kuidas saab seda teha?

Keemik teab, kuidas on ehitatud lähte-molekulid, teab, kuidas on ehitatud sellegi aine molekulid, millist ta tahab saada. Aatomite vahelised kaugused ja aatomite vastastikune asetus neis molekulides ütlevad talle, kuidas on protsessi tarvis teostada. Et protsess toimuks kergesti, on vaja lõhkuda aatomite vahel need seosed, mis on kõige nõrgemad. Seose tugevuse aga määrab kindlaks molekuli ehitus. Tähendab, on tingimata vaja teada, kuipalju elektrone ühed või teised kaks aatomit seovad ja kui kaugel nad teineteisest asuvad.

Kõike seda mitte teades, tuleks katsetada kümneid ja sadu mitmesuguseid mooduseid, raisata palju aega ja vahendeid enne, kui leida protsessi parim variant. Järelikult on tööstusele tähtsate ainete molekulide ehituse tundmaõppimine hädavajalik.

Kuid milleks on vaja õppida tundma kõigi molekulide ehitust, milleks on vaja õppida tundma kristallide ehitust?

Nende ainete molekulide ehituse tundmist, millel pole tööstuslikku tähtsust täna, võib tarvis minna homme. Tahket ainet uurides on meil tegemist kristalliga. Ja isegi sel juhul, kui meid huvitab ainult molekul, peame õppima tundma, kuidas asetuvad molekulid kristallis. Teisiti me neile „juurde ei pääse“.

Juba eespool kõnelesime sellest, et aine omaduste kaudu otsustatakse molekulide ehituse üle. Kuid siit järeldub ka vastupidine: molekuli ehitus määrab kindlaks aine omadu-

sed. Tähendab, õppides tundma molekuli ehitust mingisuguse ühe „tunnuse“ järgi, võib õieti aimata, millised peavad olema ka aine teised omadused. Seos aine ehituse ja omaduste vahel aitab uute ainete otsinguil, millel on tööstusele vajalikud omadused.

Mikroskoopiliste uurimuste tähtsus on samuti selge. Mikroskoopilised uurimused on paljudel juhtudel isegi kontrollivahendeiks tehaseis. Määratakse ju osakeste suuruse ja kuju järgi kindlaks materjalide ja toodete kvaliteet.

Aine ehitust õpitakse tundma nii Nõukogude Liidus kui ka kapitalistlikes maades. Kuid ei tohi unustada seda, et meie teadlaste ja kapitalistlike maade teadlaste eesmärgid on järsult erinevad. Nõukogude Liidus on teadus rakendatud kommunismi ülesehitamise teenistusse; kõik, mida tehakse meie laboratuurides, taotleb selle õilsa eesmärgi teostamist. Ja vastupidi, aine ehituse ja eriti aatomituuma ehituse uurimised, mis toimuvad kapitalistlikes maades, on suunatud uue vallutussõja ettevalmistamisele ja rahuliku elanikkonna hävitamisele.

Aatomi ja aatomituuma ehituse tundmaõppimine viib uutele sügavamatele kujutlustele mateeriast.

Varustatuna terava ja võimsaima relvaga — dialektilise materialismiga, süvendavad nõukogude teadlased iga uue avastusega oma teadmisi mateeria ehitusest, leiavad uusi kinnitusi mateeria säilimise ja hävimatuse seadustele, rangete seadusepärasusele, juhuslikkuse puudumisele mikro maailmas toimuvais füüsikalistes protsessides. Aine ehitust tundma õppivate nõukogude teadlaste tööd tõendavad veel ja veel kord täie veenvusega, et maailmaruumis ei ole kohta vaimul või jumalal.

Teisiti on lugu kapitalistlikes maades. Reaktsioonilised teadlased, olles imperialismi teenistuses, eitavad elementaarosakeste olemasolu väljaspool vaatlajat, püüavad tõendada, et paljudes looduses toimuvais protsessides ei ole seadusepärasust, et mikro maailmas rikutakse looduse absoluutset seadust — mateeria säilimise seadust, ja jõuavad

niimoodi välja selleni, et maailm „loodi“ jumala poolt, et elektron nagu omaks „tahtevabadust“, ja muu antiteadusliku lobani. Häid teeneid osutavad need inimesed kapitalistidele müstiliste ja usuliste eelarvamuste propageerimisel.

Kaks maailma, kaks süsteemi ja kaks teadust!

A. A. Ždanov oma ettekandes filosoofiadiskussioonil 24. juunil 1947. aastal näitas, et idealistlik filosoofia tõuseb nüüd meie ette oma uues ilgelt rāpases olemuses, mis peegeldab kodanluse langemise kogu sügavust, alatust ja jälkust. „Võtta kas või inglise astronoomi Eddingtoni õpetust maailma füüsikalistest konstantidest, mis viib otsejoones Pythagorase arvude müstikasse ja tuletab matemaatilistest valemitest sääraseid maailma „olulised konstandid“ nagu apokalüptiline arv 666 jne. Mõistmata tunnetuse dialektilist käiku, absoluutse ja suhtelise tõe vahekorda, paljud Einsteini pooldajad, kandes universumi lõpliku, piiratud ala liikumise seaduste uurimise tulemused kogu lõpmatule universumile, jõuavad välja maailma lõplikkuse juurde, tema piiratuseni ajas ja ruumis, astronoom Milne on aga isegi „välja arvestanud“, et maailm on loodud 2 miljardit aastat tagasi. Nende inglise teadusmeeste suhtes on vahest rakedatavad nende suure kaasmaalase, filosoof Baconi sõnad selle kohta, et nad muudavad oma teaduse jõuetuse laimuks looduse vastu.

Võrdsel määral toovad kaasaegsete kodanlike aatomi-füüsikute kantiaanlikud väänamised neid järeldustele elektroni „tahtevabadusest“, püüdeile näidata materiat kui ainult teatud lainete kogumit, ja muule jamsile.“

Kodanlikud teadusemehed proklameerivad printsiipi, nagu oleks teadus sõltumatu ja erapooletu, tegelikult aga pühendavad oma töid üha rohkem ja rohkem obskurantismi, papluse ja idealismi propagandale, astuvad välja revolutsioonilise, eesrindliku marksistlik-leninliku maailma vastu, võidukalt kommunismi ehitava Nõukogudemaa vastu.

Omandades marksistlikku teooriat peavad nõukogude teadlased halastamatut võitlust vaenuliku välismaise ideo-

loogiaga ja kodanliku ideoloogia iganditega nõukogude inimeste teadvuses.

Innustatuna Lenini-Stalini partei poolt viivad nõukogude teadlased meie teadust väsimatult edasi, relvastavad sotsialistliku ühiskonna töötajaid meie tee seaduspärasuse tunnetamise ja teaduslikult põhjendatud kindla usuga meie ürituse lõplikusse võidusse.

Teadus Nõukogude Liidus on kõige eesrindlikum teadus maailmas. Tema arengu võimalused on piiratud. Nõukogude teaduse õitseng, looduse saladuste avastamisele suunatud nõukogude teadlaste kõik tööd ja saavutused teenivad nõukogude rahvast, aitavad tal elada, luua ja ületada kõiki takistusi kommunismi ehitamise teel.

Aine ehituse tundmaõppimisel on suured teened meie kodumaa teadlastel. Me kõnelesime juba suurte vene teadlaste M. V. Lomonossovi, D. I. Mendelejevi ja A. M. Butlerovi töödest. Neile võib lisada kaasaegse kristallograafia looja J. S. Fjodorovi, tuntud vene kristallograafi G. V. Wulffi, füüsikalise-keemilise analüüsi looja N. S. Kurnakovi ja paljude teiste nimed.

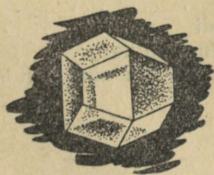
Nõukogude aineuurijate tööd omavad teenitud kuulsust. Elementaarosakeste tundmaõppimise alal on meil akadeemik A. J. Alihhaanovi ja NSV Liidu Teaduste Akadeemia kirjavahetaja-liikme A. I. Alihanjani silmapaistvad tööd. Suurt osa etendasid elektron-õpetuse arengus akadeemik A. F. Joffe tööd. Me juba kõnelesime prof. D. D. Ivanenko töödest, kes esimesena töötas välja aatomituuma ehituse kaasaegse mudeli.

Molekulide ehituse tundmaõppimise alal töötavad suure eduga akad. A. N. Terenin ja NSV Liidu Teaduste Akadeemia kirjavahetaja-liige J. K. Sõrkin. Õpetusse tahkete kehade ehitusest töid palju uut kirjavahetaja-liige N. V. Belov ja prof. Kusnetsov. Õpetuse arengus aine ehitusest omas tähtsust akadeemikute L. I. Mandelstammi ja G. S. Landsbergi poolt valguse kombineeritud hajumise nähtuse avastamine.

Me piirdusime vaid väheste näidetega. Aine ehituse uuri-
mise valdkonnas töötab viljakalt palju nõukogude õpetlasi.

Sel alal tehtud ja vahest pisut eluvõõrana tunduv hiigla-
suur töö pole olnud asjatu, vaid vastupidi, sellest tööst on
kasvanud välja kogu kaasaegne tehnika.

Teaduslik-tehnilise tegevuse teooria ja praktika on seo-
tud lahutamatuks tervikuks ja on suunatud meil ühele ees-
märgile — kommunismi ülesehitamisele.



SISUKORD

Sissejuhatus	3
1. Sobivad mõõtühikud	6
2. Aatomid	7
3. Molekulid	17
4. Aine kolm olekut	23
5. Kristallid	27
6. Nähtamatud liikumised	33
7. Kuidas seda teada saadi	36
8. Aparaatidega nähtav aine ehitus	39
9. Milleks on vaja õppida tundma aine ehitust	42

Vastutav toimetaja L. Riikoja
Kaanejoonise valmistanud V. Toots
Tehniline toimetaja E. Plaks

Ladumisele antud 27. X 1950. Trükkimisele antud 22. XII 1950. Paber 54:84 sm, 1/16.
Trükiarv 4000. Trükipoognaid 3. Formaadile 60:92 kohaldatud trükipoognaid 2,46.
Arvutuspoognaid 2,2. MB-10814. Tellimise nr 2009. Trükikoda „Punane Täht”,
Tallinn, Pikk 54/58.

На эстонском языке.
Проф. А. И. Китайгородский. Строение вещества.

Hind rbl. 1.65.

T. H.

Rbl. 1.65

A-16558

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00497846 8