

A=16583

Sundeksemplar

M. 11. 45

Populaarteaduslik väljaanne

A. Jäätki

Aine ehitus ja aatomisiseenergia



RK-Pedagoogiline Kirjandus • Tallinn

Ins. A. TŠATSKI

AINE EHITUS JA AATOMI
SISEENERGIA

RK

„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“

TALLINN 1947



18599
A-16583

Teaduse andmeid on alati kontrollitud praktikaga, kogemustega. Teadus, mis on katkestanud sidemed praktikaga, kogemustega, — mis teadus see on? ... Teadust nimetataksegi seepärast teaduseks, et ta ei tunnusta fetišeid ega karda tõsta kätt iganenu, vana vastu ja kuulatleb teraselt kogemuste, praktika häält.

STALIN.

SISSEJUHATUS.

Inimese uuriv mõistus on juba muistsetest aegadest alates olnud huvitatud küsimusest, kuidas ja millest on ehitatud maailm.

Inimene nägi, et liiv koosneb tohutust hulgast väikesetest liivateradest, et jõgede, järvede ja merede veed jagunevad arvutuks hulgaks piiskadeks, et Linnutee taevas, mis esimesel pilgul näib ühtse tervikuna, koosneb lähemal vaatlusel väiksemaist hiilgavaist punktidest.

Ja inimesel kerkis küsimus: aga millest omakorda koosneb liivatera, tilk jne.? Mis toimub, kui liivatera jagada ikka väiksemaiks ja väiksemaiks tükikesteks? Kas jõuame lõppude lõpuks niisuguse liivatükikeseni, mida enam ei saa jagada?

Järgsetel aegadel, kui inimese kogemustel polnud veel kuigi suurt tähtsust ja kui teadus oli alles algastmel, oli raske vastata kõigile neile küsimusile.

Umbes kaks ja pool tuhat aastat tagasi avaldas kreeka teadlane Demokritos mõtte, et kogu maailm, kõik maailmaruumis asetsev koosneb väga väikesest, lihtsaist, jagamatuist osakesist — „aatomest“ (aatom tähendab

dab kreeka keeles „jagamatu“), mis on nagu tellisteks, milledest on ehitatud kõik maailmas olev. Taoliselt sellele, kuidas harilikest tellistest võib ehitada seinu, ahju või maja, on loodus aatomitestki ehitanud, loonud maailma. Demokritos kirjutas: „Aatomid on lõputud arvult ja lõpmata mitmekesised vormilt. Nende kokkupõrked, ruumilised liikumised ja tiirlemised ongi maailmade alguseks. Kõigi asjade mitmekesisus oleneb nende aatomite mitmekesisusest, arvestades nende arvu, mõõtmeid ja nende ühenduste iseloomu.“

Teaduse seisund noil kaugel aegadel oli selline, et ükski ei saanud näha aatomit ega tõestada tema olemasolu. Mõõdusid sajandid, kuni inimkond, kasutades kogunenud kogemusi ja teaduse saavutusi, suutis niihästi tõestada aatomi olemasolu kui ka tungida tema olemusse ja kasutada teda inimeste heaoluks.

Sellest, kuidas see toimus ja milleks on osutunud aatom, jutustame järgnevais peatükkides.

AINE EHITUS.

Kui õnnestuks mingit keha, näiteks rauatükki, jagada võimalikult peenteks kübemeteks, siis uurides üht sellist kübet veenduksime, et ta on ikkagi ainult raud.

Kui jätkaksime ühe sellise rauakübeme jagamist, jõuaksime lõppude lõpuks sellise väikseima osakeseni, millel veel on mõningad rauale omased tunnused, kuid mis kaotab need edasisel jaotamisel.

Seda väikseimat rauaosakest nimetavad teadlased raua a a t o m i k s.

Kui õnnestuks samal viisil jagada ükskõik millist lihtainet, saaksime tulemusena selle lihtaine a a t o m i.

Rea sajandite jooksul, uurides meid ümbritsevate ainete omadusi, nentis teadus, et meid ümbritseva maailma kogu mitmekesisus, kõik lihtained, mida leidub maailmas, koosnevad lihtainete piiratud arvust.

Üheks elementi iseloomustavaks suuruseks on temale omane aatomkaal. Elemendi a a t o m k a a l v õ i m a s s i - a r v on arv, mis näitab, mitu korda teatava elemendi aatom on raskem hapniku aatomi ühest kuueteistkümnendikust osast ¹⁾.

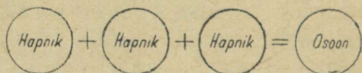
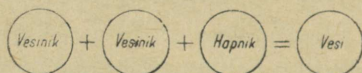
1) On leitud, et hapniku aatomi ühe kuueteistkümnendiku osa kaal on $\frac{1,66}{1.000.000.000.000.000.000.000.000}$ g ehk (nagu matemaatikud seda kirjutavad) lühemal kujul $1,66 \cdot 10^{-24}$ g, s. o. üks koma kuuskümmend kuus korda kümme astmel miinus kakskümmend neli grammi.

Iga lihtaine omab kindlaid, ainult temale omaseid omadusi.

Selliseid lihtaineid tuntakse nüüdisajal 90 (nende lihtainete loetelu vt. tabelis I, lk. 40).

Lihtainete aatomid võivad mitmesugustes kombinatsioonides ühineda gruppideks, moodustades tohutu hulga lihtaineid. Sellist ühinenud aatomite gruppi nimetatakse molekuliiks.

Näiteks gaasi vesiniku kaks aatomit, ühinedes gaasi hapniku ühe aatomiga, moodustavad vee molekuli. Metallid



Joon. 1. Molekulide moodustumine.

naatriumi üks aatom, ühinedes gaasi kloori ühe aatomiga, moodustab keedusoola molekuli.

Võivad olla ka ühesuguste aatomite ühendid. Nii näiteks gaasi hapniku kolm aatomit moodustavad uue gaasi — osooni molekuli (joon. 1).

On olemas väga keerulisi, mitmesuguste elementide suure hulga aatomitega ühendeid, näiteks piiritus, mis koosneb kahest süsiniku, kuuest vesiniku ja ühest hapniku aatomist jne.

Kuid nimetus aatom tähendab jagamatut. Mis õigustab sellist nimetust, kuigi käesoleval ajal on üldiselt kõigile teada, et aatom on jaotatav?

Kujutus sellest, et aatom on „viimne“ looduse jagamatu osake, säilis seni, kuni teaduse edasine areng, uued uurimused ja avastused näitasid, et aatom pole sugugi nii ligipääsmatu osake. Et seda tõestada, läheb tarvis teravamalt, täpsemalt teaduserelva.

Uurides rea elementide omadusi, märkasid teadlased, et mõned neist elementidest väljendavad enam-vähem märgatavat vastastikust sarnasust. Tehti samuti kindlaks, et vastastikku sarnaste elementide iga grupi omadused muutuvad alati sarnaselt koos aatomkaalu suurenemisega.

See viis mõtteni, et kas ei saaks asetada lihtained nii, et kasutades seda asetust, seda tabelit, võiks kergendada tuntud ainete omaduste edasist uurimist.

Sellise tabeli väljatöötamise au kuulub suurele vene õpetlasele Dmitri Ivanovitš Mendelejevile (1834—1907).

„Loodusnähtuste kõigi täpsete andmete järgi,“ ütleb Mendelejev, „on aine mass (s. o. aatomkaal) tema selline omadus, millest peavad sõltuma kõik ülejäänud omadused. Seepärast on kõige lähem ja loomulikum otsida sõltuvust elementide omaduste ja sarnasuste vahel ühelt poolt ja nende aatomkaalu vahel teiselt poolt.“

„Kui kõik elemendid (s. t. lihtained),“ arendab Mendelejev oma mõtet, „asetada aatomkaalu suuruse järjekorras, siis saadakse omaduste perioodiline kordumine. See väljendub perioodilisuse seadusega: lihtainete omadused, samuti lihtainete vormid ja omadused on perioodilises sõltuvuses elementide aatomkaalust.“

Mendelejev jaotas kõik tema ajal tuntud elemendid perioodidesse vastavalt nende elementide omadustele, määras igale elemendile oma järjekorranumbri ja koostas tabeli, mis on tuntud kogu maailmale nimetuse all: „D. I. Mendelejevi elementide perioodiline süsteem“ (1869. a.; vt. tabel 2, lk. 42—43).

Mendelejevi poolt esitatud tabel osutus teadusele võimaks toeks aine omaduste edasisel uurimisel. Ta andis võimaluse kontrollida avastatud elementide juba tuntud omadusi, ühtlasi ka ennustas veel avastamata elementide omadusi.

On tarvis teada, et ajal, millal Mendelejev esitas oma elementide perioodilise süsteemi, oli tuntud veidi rohkem kui 70 lihtainet. Mendelejevi tabel määras, et universumis (ilmkonnas, maailmas) on olemas 92 elementi. Teiste sõnades, ta „ennustas“ puuduvate elementide omadused ja aitas neid avastada.

Möödus 78 aastat ja peaaegu kõik Mendelejevi tabeli ruudud (peale kahe) osutusid täidetuks. Kord ühel, kord teisel, kord mitmel teadlasel üheaegselt õnnestus avastada mõni tolle ajani tundmatu element.

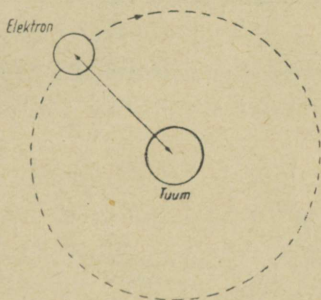
Iga avastatud element leidis alati oma koha Mendelejevi tabelis, kusjuures uue elemendi omadused langesid peaaegu täielikult ühte Mendelejevi tabelis ennustatud omadustega.

Mendelejevi elementide perioodiline süsteem on mänginud tohutut osa kujutluse püstitamisel mateeria ühtsuse kohta, s. o. selle kohta, et kõik elemendid, kõik lihtained, omavad ühist algust, nii et on võimalik ka ühtede ainete muundumine teisteks.

AATOMI EHTUS.

A. 1911 tegi inglise teadlane Rutherford kindlaks, et ükskõik millise lihtaine iga aatom koosneb pisikesest tuumast, diameetriga ligikaudu üks kümnetiljondik sentimeetrit (millise arvu saame, kui 1 sentimeetri jagame arvuga, milles numbrile 1 järgneb 13 nulli). Mainitud tuum kannab positiivse elektri (+) laengut.

Tuuma ümber, tühjas ruumis, sada tuhat korda suuremas kauguses, kui seda on tuuma diameeter, siiski ka veel väga väikeses (võrdne ühe sajamiljondiku osaga sentimeetrist), tiirlevad negatiivset elektri laengut (—) kandvad osakesed. Neid tuuma ümber tiirlevaid osakesi nimetatakse elektronideks (joon. 2).



Joon. 2. Aatomi mõõtmed.

Tuuma ja elektroni vahemaa võrdub ühe kahekümne miljondiku sentimeetriga.

Kui tuuma kujutada suure õunana (diameetriga 10 sentimeetrit), siis oleks elektron tuumast 1000 meetri kaugusel.

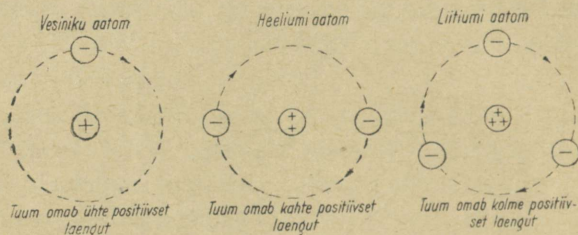
Elektroni mass (kaal) on väga väike: ta on 1840 korda väiksem kõige kergema — vesiniku aatomi — tuuma massist.

Elektri laengut — olgu siis positiivse tuuma või negatiivse elektroni laengut — mõõdetakse elektriühikuga, mida nimetatakse kuloniks¹⁾.

1) Üks kulon on elektri hulk, mis läbib juhtme 1 sekundis, kui voolutugevus on 1 amper.

Elektroni laeng võrdub $1,60 \cdot 10^{-19}$ kuloniga, s. o. 1,60 kulonit, jagatud arvuga, milles numbrile 1 järgneb 19 nulli. Seda suurust kasutame edaspidi laengu ühikuna.

Tuuma ümber tiirlevate elektronide arv on võrdne tuuma enese positiivsete laengute arvuga. Nii näiteks koosneb vesiniku aatom ühe positiivse laenguga laetud tuumast, tema ümber tiirleb üks elektron; heeliumi aatom koosneb kahe positiivse laenguga laetud tuumast, tema ümber tiirleb kaks elektroni; liitiumi aatom koosneb kolme positiivse laenguga laetud tuumast, tema ümber tiirleb kolm elektroni (joon. 3) jne.



Iga elektron omab ühte negatiivset laengut.

Joon. 5. Vesiniku, heeliumi ja liitiumi aatomite ehitus.

Sel viisil kujutab iga aatom endast nagu väheldast päikesesüsteemi, kus tuum on päikeseks ja elektronid — päikese teekaaslasteks, planeetideks. Ja et nii viisi iga aatom omab võrdset hulka positiivseid (tuumas) ja negatiivseid (elektronides) laenguid, siis aatomi üldine laeng võrdub nulliga.

Juhime tähelepanu ühele huvitavale nähtusele. Meie rääkisime, et Mendelejevi tabelis omab iga element kindlat kohta ja oma järjekorranumbrit. Seesama järjekorranumber langeb ühte tuuma ümber tiirlevate elektronide arvuga. Tõelikult, vesiniku järjekorranumber on 1, tema tuum omab üht positiivset laengut ja selle tuuma ümber tiirleb üks elektron; heeliumi järjekorranumber on 2, tema tuum omab kahte positiivset laengut, tema ümber tiirleb kaks elektroni jne.

Siit näeme, et teatava keemilise elemendi kõik aatomid omavad üht ja sedasama järjekorranumbrit, ja vastupidi, kõik üht ja sedasama järjekorranumbrit omavad aatomid on ühe ja sellesama elemendi aatomid.

Niisiis astusime veelgi ühe sammu edasi. Aatom, mis, nagu juba rääkisime, tähendab kreeka keeles „jagamatu“, osutus terveks süsteemiks, koosnedes tuumast ja elektronidest.

Kui see on nii, siis küsitakse: kas saab inimene oma äranägemise järgi eraldada elektronid aatomi tuumast ja mis seejuures toimub?

Teeme järgmise katse.

Segame purgis osa gaasi hapnikku kahe osa gaasi vesinikuga. Kui lähendame saadud gaaside segule põleva tiku, toimub plahvatus, gaaside segu süttib ja purgis tekib „paukuga gaasi“ asemele mõni tilk vett.

Mis juhtus? Hapnikust ja vesinikust sai vesi ehk, nagu räägivad keemikud, toimus keemiline reaktsioon vee moodustamiseks vesinikust ja hapnikust. Füüsikute seisukohast vaadatuna toimus ülalmainitud reaktsiooni puhul nende gaaside aatomite elektronide ümberasetumine.

Kuidas see toimus?

Meie juba teame, et vesiniku aatom koosneb tuumast, mis omab üht positiivset laengut, ja elektronist, mis omab üht negatiivset laengut; hapniku aatom koosneb tuumast, mis omab kaheksat positiivset laengut ja kaheksat elektroni, laetud kaheksa negatiivse laenguga.

Kui segasime vesiniku aatomid hapniku aatomitega ja lähendasime sellele segule tule, toimus plahvatus, mispuhul vesiniku iga aatom kaotas oma elektroni ja hapniku iga aatom „haaras“ kaks vesiniku aatomite poolt kaotatud elektroni. Lõpptulemusena muutus vesiniku iga aatom posi-

tiivselt laetuks. Kuid et isenimeliste laengutega laetud kehad vastastikku ligi tõmbuvad, siis hapniku igale aatomile, mis on laetud kahe liigse negatiivse laenguga, tõmbusid ligi kaks vesiniku aatomituuma, moodustades seejuures vee molekuli (joon. 4).

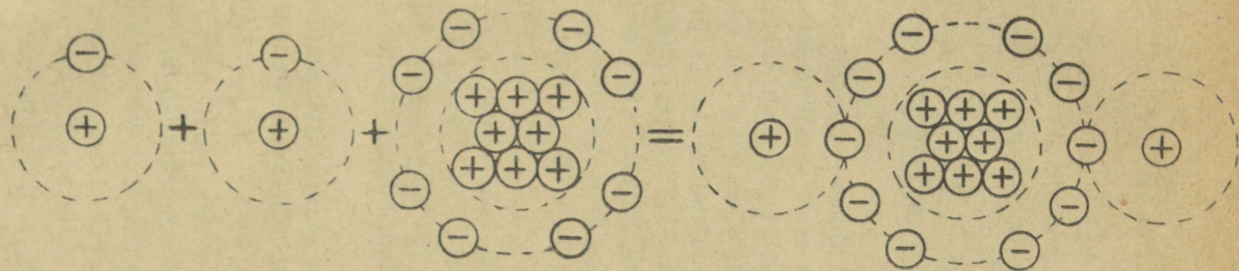
On kindlaks tehtud, et aatomite keemilised omadused sõltuvad, aatomi tuumast kõige kaugemal asetsevatest elektronidest, ja et mitmesuguste ühendite tekkimise keeruline reaktsioon seisneb nende elektronide ümbergrupeerumises.

Nagu nähtub ülaltoodud näitest, õppis inimene juba ammu oma tahtmise järgi kasutama sellise elektronide ümberpaigutuse võimalusi.

Viimaste aastakümnete jooksul on keemia arenenud eriti jõudsalt. Avastatud 90 elemendist on inimene õppinud saama kümneid tuhandeid erinevaid keemilisi produkte: värve, väetisi, lõhkeaineid, arstirohte, toitaineid, kautšukit, plastilisi masse ja palju muud.

Kuid inimene ei taha sellel peatuda. Ta püüdleb tungida veelgi sügavamale asja sisemusse, veelgi põhjalikumalt uurida aatomi ehitust, mõista, mida kujutab endast aatomi tuum: kas on võimalik teda purustada sarnaselt sellele, kuidas purustati aatom ise; kas on võimalik kasutada tuuma sees peituvat jõudu sarnaselt sellele, kuidas on õpitud kasutama aatomi tuuma ümber tiirlevate elektronide jõudu.

Seda looduse saladuse katet aitasid kergitada paljude teadlaste avastused, kes pühendasid kogu oma elu teadusele. Nende inimeste hulgas omavad tähtsamat kohta Marie Sklodowska-Curie (päritolu järgi poolatar) ja tema mees Pierre Curie (prantslane), kes oma töödega radioaktiivsuse alal avasid teaduse uue lehekülje.



Vesiniku aatomid, mis koosnevad tuumast ja selle ümber tiirlevast elektronist.

Laengute summa = 0.

Hapniku aatom, mis koosneb 8 laenguga tuumast ja selle ümber tiirlevast 8 elektronist.

Laengute summa = 0.

Vee molekul.

Mõlemad vesiniku aatomid kaotasid oma elektronid ja laadusid kahe positiivse laenguga; hapniku aatom omandas kaks elektroni ja laadus kahe negatiivse laenguga.

Vesiniku positiivselt laetud aatomid ühinesid hapniku negatiivselt laetud aatomiga ja moodustasid vee molekuli.

Laengute summa = 0.

Joon. 4. Vee molekuli moodustumise skeem.

RAADIUM JA RADIOAKTIIVSUS.

Aastal 1895 avastas teadlane Wilhelm Röntgen erilise liigi kiiri, mis, kuigi harilikule silmale nähtamatud, evivad omadust tungida läbi paljude läbipaistmatute kehade. Need kiired said nimetuse „röntgeni-kiired“ ja on nüüdisajal laialt tuntud oma kasutamise tõttu arstiteaduses inimkeha läbivalgustamiseks. Neid kiiri rakendatakse samuti ulatuslikult ka tööstuses.

Et röntgeni-kiirte ainsaks allikaks oli elektrivool, siis püstitasid teadlased mõtte, kas ei oleks võimalik saada niisamasuguseid kiiri teiselgi viisil. Selliste uurimuste läbiviimisel avastas teadlane Henri Becquerel aastal 1896, et uraani sisaldav aine (Mendelejevi tabeli järjekorranumbriga 92 ja aatomkaaluga 238) kiirgab mingisuguseid läbipaistmatutest kehadest läbitungivaid kiiri. Need kiired mõjustavad näiteks tihedasse mustavärvilisse paberisse mähitud fotoplaati, mida ei suuda teha tavaline päikeseega elektrivalgus.

Varsti pärast seda avastasid abikaasad — teadlased Curie'd, et ained, mis sisaldavad tooriumi (järjekorranumber 90, aatomkaal 232), analoogiliselt uraanile evivad samuti võimet kiirata läbi mitmesuguste ainete tungivaid kiiri.

Uraani ja tooriumi omadust kiirata mitmesugustest ainetest läbiungivaid kiiri hakati Curie'de ettepaneku järgi nimetama radioaktiivsuseks ja aineid endid — radioaktiivseteks, s. t. kiirgavaiks (ladina-keelsest sõnast *radius*, mis eesti keeles tähendab „kiir“).

Huvituses uraani ja tooriumi iseäralikest omadusist, hakkasid abikaasad Curie'd neid radioaktiivseid aineid sisaldavaid maake ulatuslikult uurima. Seejuures ilmnes, et mõned uraani maagid on palju radioaktiivsemad kui isegi

puhas uraan. Toetudes sellele jõudsid abikaasad Curie'd otsusele, et nende poolt uuritav uraani maak sisaldas ainet, millel oli rohkem radioaktiivseid omadusi kui uraanil.

Umber töötanud tohutu hulga uraani maaki ja eraldanud sellest maagist uraani, avastasid abikaasad Curie'd a. 1898 veel kaks tugevasti radioaktiivset ainet, milledele pandi nimeks *raadium* ja *poloonium* (viimast nimetati nii Marie Sklodowska-Curie' sünnimaa — Poola — auks).

See töö nõudis suurtelt teadlastelt mitmekuist rasket vaeva külmas kuuris asetsevas laboratooriumis. Maagi, aparatuuride jne. muretsemiseks oli neil vähe raha, kuna teadlased pidid peaaegu kõik tööd teostama oma isiklikul arvel.

Umber töötanud mõned tonnid maaki, said abikaasad Curie'd mõne milligrammi raadiumi. Kuid see tühine raadiumi kogus tõi teadusse pöörde. See avas teadusele ja inimkonnale uued horisonid. See, mis enne näis muinasjutuna, muutus reaalsuseks.

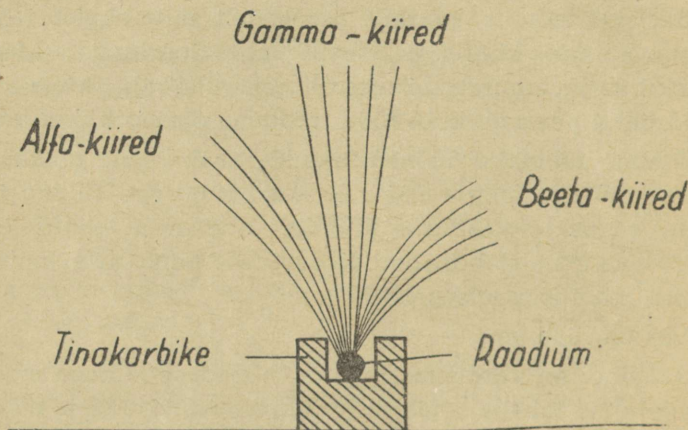
Mis on raadium?

Raadium on võrdlemisi pehme, hõbedase läikega metall. Mendelejevi tabelis omab ta järjekorranumbrit 88 ja aatomkaalu 226. Kuigi raadiumi leidub looduses kaunis rohkesti, on teda maagis üsna vähe. Kõige sagedamini võib leida raadiumi maagis, mida nimetatakse uraniniidiks, kusjuures ometi kõige rikkamaski maagis pole raadiumi üle 0,3 grammi 1 tonni maagi kohta.

Raadium äratav huvi oma suure radioaktiivsusega. Raadiumiühendid helenduvad pimeduses. Raadiumi kiired on võimelised mõjuma tihedasse mustavärvilisse paberisse mähitud fotoplaadile. Vesi, milles on lahustatud raadiumiühendid, laguneb vesinikuks ja hapnikuks. Ka paljud teised ained lagunevad raadiumi mõju all. Kui mõnedele ainetele langevad raadiumi kiired, hakkavad nad helendama.

Kõige huvitavamaks raadiumi omaduseks tuleb pidada tema võimet lakkamatult eraldada soojust, seejuures küllaltki suurtes kogustes.

Kui asetada väike kübemeke raadiumi kitsa avausega tinakarbikesse, seejärel paigutada selle avause kohale mustavärvilisse paberisse mähitud fotoplaat ja hiljem see ilmutada, siis leiame selles kohas, kuhu sattusid raadiumi kiired, musta pleki. Kui lähendada selle tinakarbikese avausele magnetpoolus ja uuesti paigutada avause kohale foto-



Joon. 5. Raadiumi poolt levitatud kiired.

plaat, siis pärast selle ilmutamist leiame ühe pleki asemel kolm musta plekki.

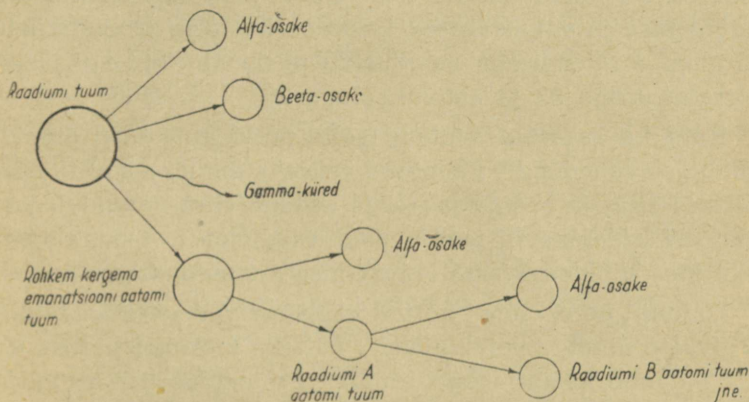
See katse näitab, et raadiumi poolt levitatud kiired on ebäühtlased: magneti mõjul kalduvad ühed kiired vasemale, teised paremale ja kolmandatele kiirtele magnet üldse ei mõju (joon. 5).

Nende kiirte omadusi uuriti ja neile anti nimetused: alfa-kiired, beeta-kiired ja gamma-kiired.

Alfa-kiired koosnevad positiivselt laetud osakesetest, kalduvad kõrvale magnetväljas ja levivad kiirusega

ligi 20 tuhat kilomeetrit sekundis. Alfa-osakesed läbivad aineid võrdlemisi nõrgalt. Teadlased on kindlaks teinud, et alfa-osake on heeliumi aatomi tuum (heelium on kõige kergem gaas peale vesiniku; heeliumi järjekorranumber on 2, aatomkaal 4).

Beeta-kiired koosnevad negatiivselt laetud osakestest, kujutades endast elektronide voolu. Nad kalduvad magnetväljas samuti kõrvale, kuid alfa-osakestele vastupidises suunas, ja omavad tohutut, peaaegu valguse kiirusega võrdset kiirust, s. t. ligi 300 tuhat kilomeetrit sekundis.



Joon. 6. Raadiumi tuuma lagunemise skeem.

Gamma-kiired on oma omaduste poolest väga lähedased röntgenikiirtele. Nad ei kaldu kõrvale magnetväljas ja neil on omadus tungida sügavale ainesse.

Radium, levitades alfa- ja beeta-osakesi ja gamma-kiiri, muutub uueks radioaktiivseks aineks — emanatsiooniks nimetatud gaasiks. See gaas on läbi uuritud (on kindlaks tehtud, et ta järjekorranumber on 86 ja aatomkaal 222).

Sel viisil on osutunud, et raadium aatomkaaluga 226, kaotanud alfa-osakese, ehk, nagu juba mainisime, heeliumi

aatomi tuuma aatomkaaluga 4, on muundunud uueks aineks — emanatsiooniks aatomkaaluga 222 (joon. 6).

Siin satume esmakordselt faktile ühe aine muundumise kohta kaheks uueks, täiesti erinevaks aineks. Metall raadiumi asemele oleme saanud kaks gaasi: üks kerge — heelium, teine raske — emanatsioon.

Edasi on osutunud, et ka emanatsioon pole pikaajaline.

Kiirates alfa-osakesi, s. t. heeliumi tuumi, muundub emanatsioon raadiumiks A. Raadium A, kiirates alfa-osakesi, muundub raadiumiks B jne., kuni lakkamatu lagunemise ja alfa-osakeste, beeta-osakeste ja gamma-kiirte kiirgamise tulemusena moodustub püsiv aine tina järjekorranumbriga 82 ja aatomkaaluga 206.

Kuid ka raadium, andnud selle põlvkonna uusi aineid, omab „esivanemaid“. Raadiumi esiisaks on uraan I, mis, kiirates alfa- ja beeta-osakesi ja gamma-kiiri, muundub järjekorras uraaniks II, ioniumiks, raadiumiks, emanatsiooniks jne., lõpetades oma lagunemise muundumisega tinaks.

Uraani „perekonna“ kõrval eksisteerivad teisedki radioaktiivsete ainete „perekonnad“, näiteks tooriumi perekond, mis laguneb samuti nagu uraan ja muundub järjekindlalt reaks radioaktiivseiks aineiks; temagi lõppsaaduseks on tina. On tuntud samuti aktiiniumi radioaktiivne „perekond“.

Sel viisil on selgunud, et paljud Mendelejevi tabeli elemendid on püsimatud. Iseseisvalt lagunedes ja kiirates alfa- ja beeta-osakesi ja gamma-kiiri, muunduvad nad järjekindlalt teisteks elementideks, mida samuti võib leida Mendelejevi tabelis.

Radioaktiivne lagunemine toimub kindla seaduspärasuse kohaselt. Kui näiteks nelja ööpäeva jooksul laguneb pool olemasolevast emanatsioonist, siis järgneval neljal ööpäeval laguneb pool järelejäänust, s. t. üks neljandik esialg-

sest hulgast, järgneval neljal ööpäeval — üks kaheksandik esialgsest hulgast jne.

Ajavahemikku, mille jooksul laguneb pool radioaktiivse aine esialgsest hulgast, nimetatakse tema poolestusperioodiks. See periood iseloomustab radioaktiivsete ainete iga ja igapäev neist kõigub see piirides 4,5 miljardist aastast uraani I jaoks kuni ühe sajatuhandiku osani sekundist radiumi C¹ jaoks.

Teadlased on suunanud tähelepanu radioaktiivsete ainete järgmisele huvitavale omadusele: mitte mingite jõududega ei saa mõjuda nende lagunemise kiirusele ja nende poolt eraldatud soojuse hulgale. Ei saa samuti katkestada seda lagunemist.

Kui näiteks ahjus põleb kivisüsi või puit, siis reguleerides ahju õhu juurdevoolu võime sundida küttaainet põlema kiiremini või aeglasemalt, andma rohkem või vähem soojust; lõppeks võib kustutada tuli, katkestada põlemine. Kuid radioaktiivsete ainete peale ei mõju miski. Ei külmus, kuumus ega õhk suuda neid sundida lagunema aeglasemalt või kiiremalt, miski ei suuda neid sundida andma rohkem või vähem soojust. Nad lagunevad, muutuvad uuteks aineteks ja kiirgavad soojust välistest tingimustest ja inimese tahtest sõltumata.

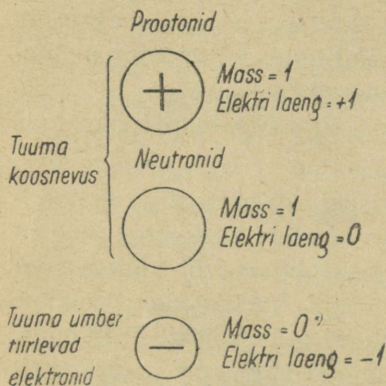
Kuid pole piire inimlikul pealehakkamisel. Relvastatud kogunenud kogemustega, läheb inimene lakkamatult edasi järgnevate saavutuste ületamiseks. Inimene mitte ainult ei tunnetanud radioaktiivsuse saladust, vaid oskas teha radioaktiivseiks säärasedki elemendid, mida peeti seni „püsi-vaiks“. Inimene tunnetab üha uusi elementide omadusi ja katsub ohjeldada radioaktiivsust, et kasutada teda oma hüvanguks sarnlevalt sellele, kuidas ta kauges minevikus, kui oli avastanud tule, ohjeldas selle ja oskas kasutada tema kasutoovaid omadusi.

AATOMI TUUMA EHTUS.

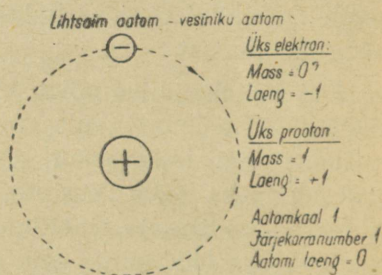
Meile juba tuntud teadlane Rutherford on teinud kindlaks, et radioaktiivse kiirgamise allikaks on aatomi tuum.

Nüüdisaegne teadus kujutab tuuma ehitust järgmiselt.

Iga aatomi tuum koosneb positiivselt laetud osakestest, nimetusega prootonid, ja osakestest, mis ei oma min-



Joon. 7. Millest on ehitatud aatom.



Joon. 8. Vesiniku aatomi ehitus.

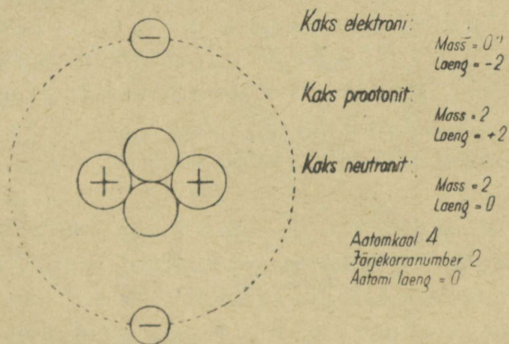
git laengut, nimetusega neutronid, s. o. neutraalsed osakesed (joon. 7, 8 ja 9). Nagu on ilmnunud, kujutab prooton enesest vesiniku tuuma.

Prootonite arv mingi aine aatomis on võrdne selle aatomi järjekorranumbriga Mendelejevi tabelis ja neutronite arv on võrdne aatomkaalu ja järjekorranumbri vahega.

*) Tegelikult on elektroni mass 1840 korda väiksem vesiniku tuuma massist. See suurus on nii väike, et meie praktiliselt peame teda võrdseks nulliga.

Nii näiteks koosneb heeliumi aatomi tuum, mille järjekorranumber on 2, kahest prootonist, ja et teada saada neutronite hulka tuumas, tuleb tema aatomkaalust (4) lahutada järjekorranumber (2), mispuhul saame 2 neutronit. Raua aatomi tuum (järjekorranumber 26, aatomkaal 56) koosneb 26 prootonist ja $(56-26)$ 30 neutronist.

Füüsikast on teada, et ühenimelise elektriga laetud kehad tõukuvad vastastikku. Näilikult prootonidki, olles kõik laetud positiivse laenguga, peaksid tõukuma ja muutma sellega aatomi tuuma püsimatuks, lagunevaks. Kuid see pole nii.



Joon. 9. Heeliumi aatomi ehitus.

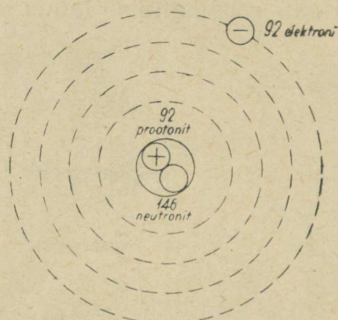
Tõuketungide kõrval mõjuvad tuumas väga ligistikku üksteisele asetsevate prootonite ja neutronite vahel samuti tõmbetungid. Ja need tõmbetungid vähesel arvul neutronite ja prootonitega tuumades on küllaltki suured. Sellistes tuumades on neutronite ja prootonite hulk võrdne. Näiteks heeliumi aatomi tuumas on 2 neutronit ja 2 prootonit, hapniku aatomi tuumas on 8 neutronit ja 8 prootonit jne. Kuid selleks, et suured tuumad oleksid püsivad, peab neutro-

*) Vt. märkus leheküljel 20.

nite hulk olema suurem prootonite hulgast. Tõelikult koosnebki raua aatomi tuum 30 neutronist ja 26 prootonist, s. t. tema tuum omab 4 liigset neutronit. Inglise aatomi tuumas on 68 neutronit ja 50 prootonit, s. t. tuum omab 18 liigset neutronit. Kulla aatomi tuum koosneb 118 neutronist ja 79 prootonist, nii et siin neutronite liigus tõuseb 39-ni.

Seal, kus prootonite arv on üle 90 ja neutronite arv ligi 150, ei eksisteeri täiesti püsivaid tuumi.

Raskeim aatom - uraani aatom



Järjekorranumber 92
Aatomkaal 238
Aatomi laeng = 0

Joon. 10. Uraani aatomi ehitus.

Sellistes tuumades on tõmbetungide mõju kõigi osakeste — prootonite ja neutronite — vahel ja tõuketungide mõju prootonite vahel selline, et tuumad muutuvad püsima tuuks, lagunevad, ehk, nagu räägitakse, muutuvad radioaktiivseteks (joon. 10).

AATOMI SISEENERGIA.

Juba rääkisime, et radioaktiivsete ainete üheks tähelepanuväärsemaks omaduseks on nende võime iseseisvalt ja katkestamatult eraldada võrdlemisi suurt hulka soojust.

Kust kohast ammutavad radioaktiivsed ained seda energiat?

Et vastata sellele küsimusele, on tarvis tutvuda füüsika põhiseadustega, nimelt:

- 1) aine (massi) jäävuse seadusega;
- 2) energia jäävuse seadusega;
- 3) massi ja energia ekvivalentsuse (s. o. võrdväärtuselisuse seadusega.

Esimese seaduse formuleeris XVIII sajandi keskel suur vene teadlane Mihhail Vassiljevitch Lomonossov; mõne aasta möödudes (aastal 1789) tegi sedasama prantsuse teadlane Lavoisier. See seadus kõlab nii: aine ei hävi mitte mingite muutuste puhul ja teda ei saa luua mitte millestki.

Kui jälgida põlevat küünalt või peergu, võib näida, et küünal või peerg ära põledes hävib. Tegelikult pole see nii: küünal või peerg muutub põledes teisteks aineteks (tuhk, süsihapugaas jms.).

Kui kaaluksime suure kupli all ära küünla ja õhu enne põlemist ja hiljem omakorda need ained, mis on tekkinud peale põlemist, siis veenduksime, et mõlemal juhul on kaal üks ja seesama. Paljud teadlased on teinud selliseid katseid ja tulemusena saanud andmed, mis kinnitavad aine jäävuse seadust.

Teise seaduse avastas kuulus füüsik Mayer ja selle formuleeris lõplikult teadlane Helmholtz aastal 1847. See seadus kõlab nii: energia ei kao ega sünni mitte millestki.

Meie teame mitmesuguseid energialiike: soojuse-energiat, mis tekib tihti põlemisel; mehhaanilist energiat, näiteks mingi masina töö puhul; elektrienergiat jne.

Uuskõik milline energialiik võib muunduda teiseks energiavormiks.

Kui näiteks katla all põleb kivisüsi, siis tekib soojuse-energia, mis soojendab vett, muundades selle auruks, ja inimene paneb auru abil liikuma mitmesuguseid masinaid: vedurid, aurikud, lokomobiilid jne. Sel puhul märkame soojuseenergia muundumist mehhaaniliseks energiaks.

Kui lokomobiil paneb käima dünamo, saame elektri-voolu. Siin muundub mehhaaniline energia elektrienergiaks.

Elektrivool käitab mootorit, soojendab elektripliiti, süüt-
tab hõõglambi. Sel viisil muundub elektrienergia uuesti mehhaaniliseks, soojuse-, valguseenergiaks.

Nagu näeme, muunduvad energia vormid, kuid energia ise kuhugi ei kao ega saa ka tekkida ei millestki.

Aastal 1905 formuleeris suur teadlane Albert Einstein uue füüsikaseaduse: mass ja energia on ekvivalentsed, s. t. kindlale ainetehulgale vastab alati kindel energiahulk, ja vastupidi, kindlale energiahul-
gale vastab alati kindel ainehulk.

Einstein väljendas selle seaduse valemi kujul:

$$\text{energia} = \text{mass} \times \text{valguse kiirus ruudus},$$

s. t. teatava aine energiahulk on võrdne tema massiga (kaaluga), korrutatud valguse kiiruse teise astmega.

Einsteini valemist on näha, et isegi tähtsusetu hulk ainet vastab energia tohutule hulga.

Tõesti kui õnnestuks 1 kilogramm ainet, näiteks kivi-sütt, muuta täielikult energiaks, saaksime 25 miljardit kilo-vatt-tundi energiat. Muide 1 kilogrammi kivisöe põletami-sel saame kõigest 8,5 kilovatt-tundi energiat.

Kuhu jääb siis ülejäänud tohtu hulk energiat, mis oleks nii kasulik inimestele?

Einstein juhtis juba 1905. aastal tähelepanu sellele, et lahendust tuleb otsida radioaktiivsete ainete omadustest. Just neis olid esmakordselt avastatud tohutud energiaarvud, mida radioaktiivsed ained kiirgavad iseseisvalt ning katkestamatult.

Kuid radioaktiivsete ainete energia kasutamine pole rakendatav suures ulatuses, kas või sellepärast, et neid aineid on suhteliselt vähe ja nende tootmine on väga raske.

Kerkis küsimus, kas ei saaks tavalist „püsivat“ ainet teha radioaktiivseks, kas ei saaks sundida lagunema ükskõik millise kättesaadava aine aatomite tuumi, kasutada nende energiat. Sel alal on töötanud palju teadlasi, nende hulgas ka Irène Curie (Marie Curie' tütar) ja tema mees Joliot.

Abikaasad Joliot-Curie'd on silmapaistvad antifašistid. Nad võtsid aktiivselt osa prantsuse rahva vastupanuliikumisest saksa fašistlike anastajate vastu.

Arvukate tööde tulemusena on õpetlased, alates 1934. aastast, õppinud muutma radioaktiivseiks aineiks peaaegu kõiki Mendelejevi süsteemi elemente.

Seni piirdusime rea nähtuste kirjeldamisega, mis on seotud aine ehitusega. Nüüd aga, teades Einstein'i massi ja energia ekvivalentsi seadust ja omades ettekujutust aatomi ja tema tuuma ehitusest, püüame selgusele jõuda küsimuse hulgalises suhtes.

Juba rääkisime aatomitest, millede tuumad on püsivad, tänu küllaltki tugevatele seesmistele tõmbetungidele, ja püsimatutest aatomitest, mida nimetasime radioaktiivseiks.

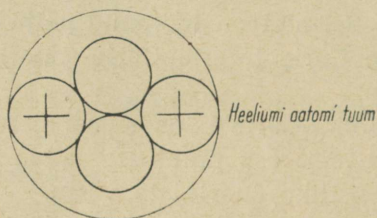
Et purustada püsiv tuum, on tarvis ületada üksikute tuuma osakeste tõmbetungid. Selleks on tarvis kulutada mõnel määral energiat. Kuid et mass ja energia on ekvivalentsed, siis, kulutades tuuma lõhkumiseks energiat, suurendame sellesamaga osakeste massi, millest koosneb purustatud tuum.

Seda tõestab suurepäraselt näide heeliumiga.

Heeliumi aatomi tuum koosneb, nagu teada, 2 prootonist ja 2 neutronist. Kui lõhkuda heeliumi aatomi tuum ja määrata teda koostatavate osakeste mass, siis osutub, et iga prootoni mass on võrdne 1,0075-ga ja iga neutroni mass on võrdne 1,009-ga. Järelikult heeliumi purustatud tuuma osakeste mass kokkuvõetuna moodustab:

$$(2 \times 1,0075) + (2 \times 1,009) = 4,033.$$

Seejuures on heeliumi purustamata tuuma mass täpse arvutuse järgi võrdne 4,003-ga.



Joon. 11. Aatomi tuuma energia.

Sel viisil heeliumi terve tuuma ja tema koostusosade masside vahe on võrdne: $4,033 - 4,003 = 0,03$.

See tähendab, et kulutades heeliumi aatomi tuuma purustamiseks kindla hulga energiat, suurendasime sellesamaga **0,03** võrra tema koostusosade massi.

Asetades selle suuruse Einstein'i valemisse, arvutame kergesti, milline energia hulk oli kulutatud heeliumi tuuma purustamiseks.

Need arvutused näitavad, et näiteks 1 grammi heeliumi kõigi tuumade purustamiseks, s. o. selleks, et ületada tema tuumades prootoneid ja neutroneid siduvaid tuge, on tarvis kulutada 190 000 kilovatt-tundi energiat. Ümberpöörduvalt, kui õnnestuks koondada, liita ühte

vabad neutronid ja prootonid ja saada sel viisil üks gramm heeliumi, vabastaksime 190 000 kilovatt-tundi energiat (joonis 11); seda jätkuks 10 sajakuünlalisele lambile, kui need põleksid katkestamatult üle 20 aasta.

Näide heeliumiga tõestab suurepäraselt, et inimkonnal tasub töötada aatomite tuumade sisemusse suletud tohutute energiahulkade kasutamise küsimuse kallal.

On teada, et kogu inimeste poolt tarvitav energia saadakse kas kütte põletamisega (kivisüsi, turvas, nafta, põlevkivi, puit) või hüdroelektrijaamades, kus vesi viib käiku elektrimasina, või tuulejõu kasutamise (on ka teisi energia-allikaid, millede tähtsus aga nüüdisajal on väike).

Kuid maailma tööstuse nüüdisaegse taseme ja kasvu puhul energiatarvidus aina suureneb, aga maailma küttevarud, nagu teada, on piiratud, ja ei vee- ega tuuleenergia suuda neid asendada.

Kuidas toimida? Kas loobuda tööstuslikust arengust, kultuurist, pöörduda tagasi ürgaega? Muidugi ei! Inimkonna ees avaneb suurepärase võimalus kasutada aatomi tuuma tohutut energiat.

Kuid peale aatomi tuuma lagunemise puhul eralduva energia kasutamise meelitab inimest veel üks erakorraliselt huvitav võimalus.

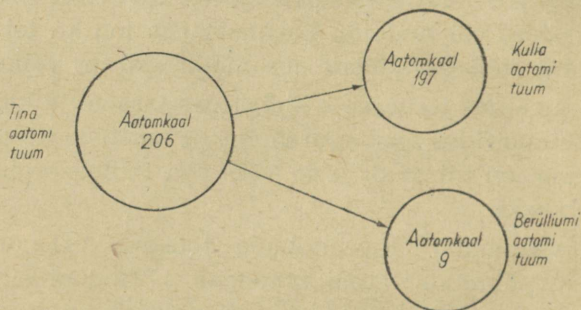
Igipõlistel aegadel paljud, isegi tolle aja kohta väga haritud inimesed uskusid, et nn. „filosoofilise kivi“ abil on võimalik muundada lihtsaid metalle, näiteks tina, kullaks. Need inimesed (neid nimetati alkeemikuteks) viitsid pikki aastaid „filosoofilise kivi“ otsingul.

Harva oli neist mõni tõesti teadlane, kes püüdis tungida looduse saladusse. Kuid mõningaile neist oleme võlgu tänu suure hulga teadmiste kogumise eest aine omaduste üle. Andes tihti oma elu „filosoofilise kivi“ otsinguiks, uurisid nad hulga mitmesuguste ainete omadusi, omandasid

kogemusi ja teadmisi, mida hiljem kasutasid teadlased ja tõstsid teaduse enneolematule kõrgusele.

See, mis 500—600 aastat tagasi näis unistusena, on praegu lähedane täidumisele.

Teadlased tegid kindlaks, et kahe aine aatomite põhiline erinevus seisneb nende aatomkaalus. Aatomkaal ise oleneb aatomi tuumas leiduvate prootonite ja neutronite hulgast. Järelikult, kui õnnestuks välismõjustuste abil muuta aatomi tuumas prootonite ja neutronite hulka, muudaksime



Kui õnnestuks purustada tina aatomi tuum kulla ja berülliumi tuumadeks, saaksime kaks väärisainet ühe odava asemele.

Joon. 12. Aine muundumine — alkeemikute unistus!

sellega ühe aine aatomi teise aine aatomiks. Näiteks kui õnnestuks purustada tina aatomi tuuma kaheks osaks aatomkaaluga 197 ja 9, saaksime odava tina asemel (aatomkaal 206) kaks uut kallimate metallide — kulla (aatomkaal 197) ja beerülliumi (aatomkaal 9) (joon. 12) — aatomit.

See võimalus leiab kinnitust kogemustest radioaktiivsete ainetega, kui nad lagunedes ja kaotades prootonid ja neutronid moodustavad järjekindlalt rea uusi aineid. Nagu teada muundub uraan lagunedes raadiumiks, emanatsiooniaks ja lõppeks tinaks.

Sel viisil inimene, arendades teadust, tõestas võimaluse teostada niihästi alkeemikute ammuse unistuse muundada ühed ained teisteks kui ka võimaluse seejuures suure hulga energia vabanemise kohta.

AATOMI TUUMA PURUSTAMINE.

Juba rääkisime, et kui ühe aine aatomit tahame muundada teise aine aatomiks, on tarvis muundada aatomi tuum, s. o. muundada temas olevate prootonite ja neutronite hulk. Seejuures toimub ümbergrupeeritud tuumade massi vähenemine, mis Einstein'i seaduse põhjal asendub võrdvärtuselise hulga energia eraldumisega. Ja see energia, nagu juba nägime, on aatomienergia.

Radioaktiivseis aineis toimub aatomite tuumade ümbergrupeerumine (lagunemine) iseseisvalt ning katkestamatult. Püsivate tuumade purustamiseks on tarvis vahelesegamist väljaspoolt.

Rutherford (1919. aastal) ja tema järel paljud teisedki teadlased sooritasid rea õnnestunud katseid „püsivate“ aatomite tuumade purustamise alal. „Tuuma purustamise „mürskudeks“ rakendasid nad alguses radioaktiivseist aineist lenduvaid alfa-osakesi. Kuid et radioaktiivsed ained on haruldased ja pole paljudele uurijatele alati kättesaadavad, siis hakkasid teadlased „mürskudeks“ kasutama heeliumi ja vesinikuaatomite tuumi. Alfa-osake on ju oma olemuselt heeliumi tuum ja vesiniku tuum — see on seesama prooton.

Nii olid leitud „mürsud“ aatomi tuuma purustamiseks.

Kuid kahurväes on peale mürskude tarvis ka kahureid ja püssirohtu. Püssirohu plahvatuse puhul tekkivate gaaside surve omandab mürsk kindla kiiruse ja kahur annab mürsule suuna.

Mis on siis „kahureiks“ ja mis on „püssirohuks“ aatomi tuuma purustamisel?

Kahureiks aatomi tuuma pommitamisel on masinad nimetusega tsüklotronid ja püssirohuks on elektri kõrgepingevool (mitu miljonit volti).

Aatomite tuumade pommitamine on seotud rea raskustega.

Uheks raskuseks on asjaolu, et „mürsk“ — olgu siis alfa-osake, heeliumi tuum või vesiniku tuum — omab positiivset laengut. Kuid samasugust laengut omab ka pommitatava aatomi tuum. On teada, et ühenimelise elektriga laetud kehad tõukuvad vastastikku. Seepärast kui aatomi mürsk on jõudnud tuumani, tõukub sageli tagasi, kaotab kiiruse (ja pole suuteline purustama tuuma).

Säärase pommitamisviisi puhul kulutatakse tohutu hulk energiat, mis tihti ületab energiahulga, mida oleksime võinud saada tuuma lõhkumise tulemusena.

Võiks ütelda, et mäng ei tasu ennast ära.

Olukord paranes, kui „mürsuna“ hakati kasutama neutronit. Et neutron ei oma laengut, siis ei mõju temale tõukejõud ja ta tungib kergesti pommitatava tuuma sügavusse, purustades viimase.

Kuid neutroneid võib saada ainult pommitades aatomi tuuma laetud osakestega, nii-öelda „välja pekstes“ neutroneid purustatavast tuumast. Nende saamiseks kasutatakse tuuma pommitamist radioaktiivsete ainete alfa-osakestega, heeliumi või vesiniku tuumadega.

Teine viimase ajani tuuma purustamist takistav raskus seisneb selles, et tuuma lagunemine kestab ainult niikaua, kuni toimub pommitamine. Kuni „mürsk“ — olgu siis alfa-osake, heeliumi või vesiniku tuum — tabas aatomi tuuma, lagunes viimane ja temast lendasid välja mitmesugused osakesed: elektronid, prootonid jne. Kui pommitamine lakkas, lakkas ka lagunemine; ühte tuuma sattunud „mürsu“

mõju ei levinud kõrvaltuumadele. Tuuma reaktsioon „kustus“.

Selgitame seda näitega:

Nagu teada, piisab lõkke süütamisest, et põlemine kestaks katkestamatult, kuni lõkkepuidu kogus on ära põlenud. On raske kujutleda, kuidas võiks kasutada lõket, kui seda peaks pidevalt süütama. Katkestamatut aatomi tuuma lagunemise protsessi, mis sarnleks lõkke katkestamatu põlemisega, polnud viimase ajani veel õnnestunud saavutada.

Alles 1939. aastal avastati nähtus, mis võimaldas väljuda ummikust ja andis uue suuna võitlusele aatomisisese või õigemini tuuma energia valdamise eest.

Tehti kindlaks, et uraani tuuma pommitamisel neutron purustab tema tuuma kaheks peaaegu võrdseks osaks. Üh-teaegu eraldub tohutu hulk energiat. Et otsustada selle suuruse üle, tarvis mainida, et 1 grammi uraani lagunemise puhul eraldub niipalju energiat, kuipalju teda saaksime 30 tonni kivisöe põletamisel.

Kuid peaasi seisneb selles, et uraani tuuma purustamisel neutroniga sellest tuumast lendavad välja kaks või kolm neutronit, mis omakorda saavad naabertuumi tabavaiks „mürskudeks“.

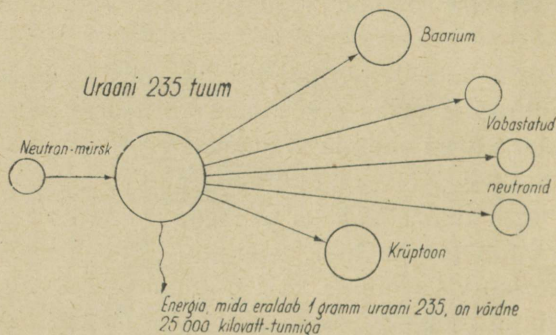
Neist tuumadest väljutab igaüks jälle kaks või kolm neutronit, mis omakorda tabavad naabertuumi jne. jne. (joon. 13).

Sel viisil põhjustab üks neutron uue kahe või kolme neutroni ilmumist.

Niiviisi samm-sammult, päevast-päeva, ühelt saavutuselt teiseni, mõnikord ajutiselt taganedes takistuse ees, kuid selleks, et seda pärastpoole ületada, sammusid ikka edasi mitmesuguste maade ja rahvaste teadlaste paljud põlvkonnad. Nad ohverdasid kogu jõu ja teadmised sel-

leks, et oma tööde tulemusena üle anda inimkonnale suu-
repärane kingitus — odava energia ammendamatu allikas.

*Kui pommitada uraani 235 tuuma, kasutades „mür-
suna“ neutronit, moodustub kergemate aatomite —
baariumi ja krüptooni — tuum ja eraldub 3 neutronit,
mis on „mürskudeks“ järgnevaile pommitamistele.
Seejuures eraldub suur hulk energiat.*



Joon. 15. Uraani 235 lagunemine.

AATOMPOMM.

Enne seda, kui teadlaste paljuaastase töö tulemusi aato-
mienergia vallas saadakse kasutada rahulikeks eesmärki-
deks, hakati neid kasutama sõjaeesmärkideks.

1945. aasta augustis levis üle kogu maailma teade sel-
lest, et ameeriklased heitsid aatompommi Jaapani linnale
Hirosima. Varsti purustati samasuguse pommiga teine
suur Jaapani sadamalinn Nagasaki. Teated purustuste ja
inimohvrite hulga kohta on väga vasturääkivad, kuid on
selge, et kasutusele võttes aatompommi rikastus sõda uue
ähvardava relvaga.

Kuigi kõik see, mis puutub aatompommi ehitusesse, hoitakse suurimas saladuses, annab siiski teaduse nüüdisaegne seisund meile kujutluse aatompommi mehhanismi tegevuse üle.

Juba rääkisime, et uraani pommitamisel neutronitega uraani tuum laguneb ja väljutab veel kaks või kolm iseisvat neutronit. Need neutronid, purustades uraani aatomi naabertuumad, võimaldavad uute neutronite väljumist jne. Kuid mitte kogu neutronitega pommitatav uraan ei soodusta selle „vihmavalangu-taolise“ ehk, nagu räägitakse a helreaktsiooni arengut.

Asi seisneb selles, et paljud Mendelejevi tabeli elemendid, millede järjekorranumbrid, nagu teame, on alati kindlad, omavad tihti erinevaid aatomkaale. Selle põhjuseks on selliste elementide tuumades suurema või vähema hulga neutronite hulga olemasolu.

Nii näiteks on hariliku vesiniku tuumas, mille järjekorranumber on 1, vaid üks prooton ja sellise vesiniku aatomkaal on samuti 1. Kuid osutub, et looduses eksisteerib nn. „raske vesinik“, mille aatomkaal on 2. Sellise vesiniku tuumas on peale ühe prootoni veel üks neutron. On teada ka hapnik aatomkaaluga 16 ja 17. Esimesel juhul on hapniku tuumas 8 prootonit ja 8 neutronit ja teisel juhul — 8 prootonit ja 9 neutronit. Selliseid elemente, mille del prootonite püsiva hulga puhul muutub neutronite hulk ehk, nagu räägitakse, ühe ja sama järjekorranumbri puhul on aatomkaal erinev, nimetatakse isotoopideks.

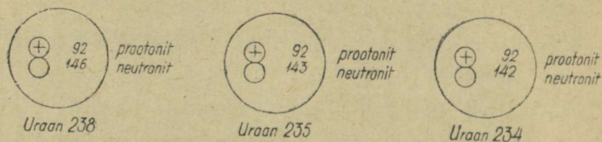
On tehtud kindlaks, et peaaegu kõik meile tuntud ained koosnevad isotoopide segust, kusjuures ühe ja sama aine isotoobid on keemiliselt üksteisest eristamatud, mis raskendab tugevasti nende jagamist.

Uraan koosneb samuti isotoopide segust aatomkaaluga 234, 235, 238 (joon. 14). Selleks, et eristada ühte uraani iso-

toopi teisest, tähistatakse neid: „uraan 234“, „uraan 235“, „uraan 238“.

Pommitades uraani neutronitega, märkasid teadlased, et mitte kõik neutronid ei soorita purustavat toimingut. Millega seda seletada?

Teame, et pommitades või tulistades tavaliste pommide või mürskudega ei satu mitte kõik neist märki ega tekita purustusi. Ühed mürsud lendavad märgist mööda, teised satuvad ebaolulistesse objektidesse, kolmandad ei lõhke hoopiski ja ainult osa mürske satub märki ja purustab selle.



Uraani ühes kilogrammis on ligi 995 grammi uraani 238, ligi 7 grammi uraani 235 ja tähtsusetu hulk uraani 234.

Joon. 14. Uraani isotoobid.

Uraani pommitamisel neutronitega võib samuti jälgida juhtumeid, millal:

1) osa neutroneid, jäänud sattumata „märki“; lendab väljapoole pommitatava aine piire (lendab süsteemist välja);

2) osa neutroneid „neelatakse“ mitmesuguste uraanis leiduvate lisandite poolt, milledest on väga raske vabaneda;

3) osa neutroneid „neelatakse uraani isotoobi, uraani 238 poolt, kuna ta ei purune tavaliste neutronite mõjul, ja

4) ainult osa neutroneid „satub märki“, s. o. uraani 235, mis osutub üheks looduslikuks aineks, mis on kõlvuline ahelreaktsiooni läbiviimiseks.

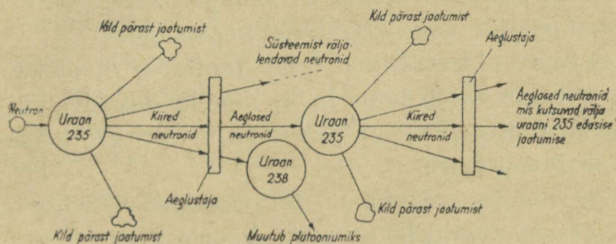
Kuid isotoopide segus on väga vähe uraani 235. Seda on 142 korda vähem kui uraani 238. Selleks, et eraldada

uraani 235 temaga keemiliselt sarnasest uraanist 238, tuleb kasutada mitmesuguseid tehnilisi kavalusi, mis on väga keerulised, maksavad palju ja ei anna alati vajalikku tulemust.

Nüüdisajal on teada mitu viisi uraani 235 eraldamiseks teistest uraani isotoopidest. Need viisid on väga keerulised ja meie ei hakka neid siin kirjeldama.

Ahelreaktsiooni läbiviimisele uraanis aitas kaasa ootamatu avastus.

Osutus, et kui uraan 238 neelab ühe neutroni, siis ta, jäädes küll lagunemata, muundub aegamööda uueks, varem



Joon. 15. Nii umbes toimub ahelreaktsioon.

tundmata aineks — neptuuniumiks aatomkaaluga 239 ja järjekorranumbriga 93. Neptuunium pole pikaajaline, vaid muundub kiiresti aineks järjekorranumbriga 94 ja nimetusega plutoonium.

Plutoonium on osutunud ahelreaktsiooni protsessis väga sarnaseks uraanile 235. Nagu uraan 235 laguneb plutooniumgi kaheks ebavõrdseks osaks neutroni sattumisel tema tuumasse ja eraldab seejuures veel teatava hulga neutroneid, mis tabavad naabertuumi ja soodustavad sel viisil ahelreaktsiooni arengut (joon. 15).

Et areneks ahelreaktsioon, on niisiis tarvilikud järgmised tingimused:

Esimene tingimus: neutronite hulk, mis saadakse ahelreaktsiooni puhul, ei pea olema väiksem sellest hul-

gast, mis „neeldub“ uraanis paratamatult esinevates lisandites või „neelatakse“ uraani 238 poolt; neist peab jätkuma ka uraani 235 ja moodustuva plutooniumi purustamiseks jne. Vastasel korral ei toimu isearenevat ahelreaktsiooni. Moodustunud neutronid „kulutatakse“ pikkamööda ära ja reaktsioon kustub.

Teine tingimus: on tarvis, et reaktsioonist võtaks osa ainult puhas uraan 235. Selleks peab eraldama uraanist 235 uraani 238.

Kolmas tingimus: reaktsioonist osa võtavad ained ei tohi sisaldada kõrvalisi lisandeid. See saavutatakse kõigi materjalide väga hoolika puhastusega.

Neljäs tingimus: tuleb taotleda, et oleks võimalikult väiksem neutronite hulk, mis lendavad sihitult väljapoole pommitatava aine piire ehk, nagu räägitakse, väljapoole süsteemi piire.

Kõigi nende tingimuste täitmise puhul võib teostuda uraani katkestamatu lagunemine koos energia tohutu hulga eraldumisega.

Ükskõik milline tavaline pomm või mürsk on vaid siis hea, kui teda saab panna plahvatama tarvilikul ajal ja tarvilikus kohas. See saavutatakse spetsiaalsete reguleerivate seadeldistega (hetksütikutega, aegsütikutega jne.).

Ka aatompommi valmistamisel nähakse ette sellised regulaatorid, mis, reguleerides moodustunud neutronite määra, annavad võimaluse aeglustada või kiirendada ahelreaktsiooni. Sääraste „aeglustajate“ hulka kuulub **r a s k e v e s i**, s. o. vesi, mis on moodustunud ühest hapniku aatomist ja kahest „raske“ vesiniku aatomist (aatomkaaluga 2).

Ahelreaktsiooni „aeglustajana“ võib kasutada ka teisi aineid.

Ameeriklased kasutasid „aeglustajana“ puhtaimat grafiiti, kuna see materjal pole defitsiitne ja on suhteliselt kergesti puhastatav kõrvalistest lisanditest.

Aeglustajaid kasutatakse esmajärjekorras eespool räägitud uue aine plutooniumi saamiseks.

Spetsiaalparaati, mida nimetatakse „katlaks“, paigutatakse erilisel viisil grafiitplaadid ja tavalisest isotoopide segust koosnevad metallilise uraani latid. Pommitades uraani neutronitega, juhitakse protsessi nii, et ahelreaktsioon areneks aeglaselt ilma plahvatusteta. Neutronite mõjul muundub osa uraanist 238 plutooniumiks, mis eraldatakse uraanist keemilisel teel. Seda on hulga lihtsam teha, kui eraldada uraan 235 uraanist 238, sest plutoonium on keemiliselt eristatav uraanist.

Sel viisil ameeriklased, rööbiti uraani 235 eraldamisega, tagasid plutooniumi saamise, mis oma omaduste poolest, nagu juba eespool mainisime, soodustab ahelreaktsiooni arengut. Tänu sellele rikastus aatompomm vajaliku materjali piisava hulga.

Aatompomm ise erineb „katlast“ sellega, et ta plahvatab vajalikul momendil, s. o. peaaegu silmapilkselt eraldab tohutu hulga energiat. Pomm koosneb mitmest eraldi tükist, mis iseenesest ei plahvata; tarvitseb aga need tükid ühendada vajaliku kiirusega ühiseks tervikuks, kui silmapilkselt tohutu jõuga hakkab arenema plahvatuseni viiv ahelreaktsioon.

Juunis aastal 1945 võis teha järgmised kokkuvõtted:

1) oli tõestatud iseseisva ahelreaktsiooni teostumise võimalus tänu uraanile 235 ja plutooniumi tuumade jaotumisele neutronite tegevuse mõjul;

2) oli kindlaks tehtud, millised tingimused on vajalikud selleks, et ahelreaktsioon toimuks silmapilkselt — plahvatusel kujul;

3) olid ehitatud ja hakkasid tööle mitmesugust liiki tööstuslikud seadeldised, mis kogusid tunduvad hulgad lõhkeainet.

Saabus viimaks päev, millal võis proovida esimese katse-
aatompommi mõju.

Tühjas maakohas, kaugel elamuist, püstitati terastorn, mille tippu paigutati aatompomm. Siiasamasse asetati rida juhtimis- ja kontrollaparaate, mis ühendati ligi 10 kilomeetrit kaugel asetseva vaatluspunktiga. 16 kilomeetri kaugusel tornist oli teine vaatluspunkt, kuhu asusid juhtivad isikud. 1945. a. 16. juulil täpselt kell 5 30 minutit hommikul pandi plahvatama aatompomm.

Pimestav väljahtus, heledam kõige heledamast päikeseläikest, valgustas kogu ümbrust. Kostis hirmus, kujuteldamatu imelooma mõirgamisele sarnlev mürin. Möödus võimas õhuline ja rohkem kui 12 kilomeetri kõrgusele lendas tohutu rulluv mitmevärviline pilv. Terastorn, mille otsas oli asetsenud aatompomm, muutus auruks. Torni asemel oli hiigla kraater.

Oma muljeid aatompommi plahvatusest annab edasi üks katsetuse osavõtjaist järgmiselt:

„Kaks minutit enne ettemääratud plahvatuse momenti heitsid kõik pikali, jalad plahvatuskoha suunas. Kui valjuhääldaja kontrolljaamas teatas varsti saabuvast momendist, tekkis harras vaikus...

Esiteks sähvatas mitte millegagi võrreldava heledusega valgus. Meie kõik pöördusime ümber ja läbi tumedate prillide nägime tulist kera. Umbes 40 sekundi järel saabus plahvatuslaine, millele järgnes heli. Kuid ei üks ega teine ei osutunud meile hämmastavaks — niivõrd vapustas meid valguse ebatavaline intensiivsus.

Moodustus suur tihe pilv, mis üles rulludes kerkis tohutu jõuga ja umbes 5 minutiga saavutas substratosfääri.

Varsti pärast peaplahvatust toimusid pilves kaks-väiksema jõuga lisaplahvatust, milledega kaasusid samuti valgusefektid.

Pilv kerkis kõrgele, alguses kerakujulisena, siis omandas ta seene kuju, seejärel muutus pikaks korstnataoliseks sambaks ja lõppeks hajus ta mitmes suunas vahelduvate tuulte mõjul erinevatel kõrgustel.“

* *

*

Mida siis töötab inimkonnale aatomisese energia kasutamise võimalus rahulikeks eesmärkideks?

Praegu on raske isegi kujutleda seda revolutsiooni, mida võib aatomienergia kasutamine tuua inimellu.

Aatomienergia kasutamine aitab kaasa teaduse arengule ja tehnika kasvule. Võetakse tarvitamisele uued arstimisviisid jms. jms.

Inimkonnale avaneb tee hiilgavasse tulevikku.

**ELEMENTIDE LOETELU MENDELEJEV'I TABELI
JÄRJEKORRANUMBRITE JA AATOMKAALUDEGA.**

Elemendi nimetus	Järjekorra-nr.	Aatom-kaal	Elemendi nimetus	Järjekorra-nr.	Aatom-kaal
Aktiinium	89	(227) ¹⁾	Ksenoon	54	130,2
Alumiinium	13	26,97	Kuld	79	197,2
Antimon	51	121,76	Lantaan	57	138,90
Argon	18	39,944	Liitium	3	6,94
Arseen	33	74,93	Lämmastik	7	14,008
Baarium	56	137,36	Magneesium	12	24,32
Berüllium	4	9,02	Mangaan	25	54,93
Boor	5	10,82	Masuurium	43	(98)
Broom	35	79,916	Molübdeen	42	96,0
Düsproosium	66	162,46	Naatrium	11	22,997
Elavhõbe	80	200,61	Neodüüm	60	144,27
Emanatsioon	86	222,07	Neoon	10	20,18
Erbium	68	167,64	Nikkel	28	58,69
Euroopium	63	152,0	Niobium	41	93,5
Fluor	9	19,00	Osmium	76	190,9
Fosfor	15	31,02	Pallaadium	46	106,7
Gadoliinium	64	157,3	Plaatina	78	195,23
Gallium	31	69,72	Poloonium	84	210,0
Germaanium	32	72,60	Praseodüüm	59	140,92
Hafnium	72	178,6	Protaktiinium	91	(231)
Hapnik	8	16,000	Raadium	88	225,97
Heelium	2	4,002	Raud	26	55,84
Holmium	67	163,5	Reenium	75	186,31
Hõbe	47	107,880	Roodium	45	102,91
Illiinium	61	?	Rubiidium	37	85,45
Indium	49	114,8	Ruteenium	44	101,7
Inglitjina	50	118,70	Räni	14	28,06
Iriidium	77	193,1	Samaarium	62	150,43
Jood	53	126,917	Seatina (plii)	82	207,21
Kaalium	19	39,104	Seleen	34	79,2
Kadmium	48	112,41	Skandium	21	45,10
Kaltsium	20	40,07	Strontsium	38	87,63
Kassiopeium	71	175,0	Süsinik	6	12,000
Kloor	17	35,457	Tallium	81	204,39
Koobalt	27	58,94	Tantaal	73	181,5
Kroom	24	52,01	Telluur	52	127,5
Krüptoon	36	82,9	Terbium	65	159,2

¹⁾ Sulgudesse on asetatud oletatavad aatomkaalud.

Elemendi nimetus	Järjekorra nr.	Aatomkaal	Elemendi nimetus	Järjekorra nr.	Aatomkaal
Titaan	22	47,92	Vanaadium	23	50,95
Toorium	90	232,13	Vask	29	63,57
Tseerium	58	140,11	Vesinik	1	1,0077
Tseesium	55	132,91	Vismut	83	209,0
Tsink	30	65,38	Volfram	74	184,0
Tsirkoonium	40	91,20	Väävel	16	32,065
Tuulium	69	169,4	Üterbium	70	173,5
Uraan	92	238,17	Ütrium	39	88,93

NÜÜDISAEGNE ELEMENTIDE

Ülal on igal elemendil märgitud järjekorra-

Perioodid	Read	G r u			
		I	II	III	IV
I	1	1 Vesinik 1,008			
II	2	3 Liitium 6,940	4 Berüllium 9,02	5 Boor 10,82	6 Süsinik 12,000
III	3	11 Naatrium 22,997	12 Magneesium 24,32	13 Alumiinium 26,97	14 Räni 28,06
IV	4	19 Kaalium 39,096	20 Kaltsium 40,08	21 Skandium 45,10	22 Titaan 47,90
	5	29 Vask 63,57	30 Tsink 65,38	31 Gallium 69,72	32 Germaanium 72,60
V	6	37 Rubiidium 85,48	38 Strontsium 87,63	39 Ütrium 88,92	40 Tsirkoonium 91,22
	7	47 Hõbe 107,88	48 Kadmium 112,41	49 Indium 114,76	50 Inglitina 118,70
VI	8	55 Tseesium 132,91	56 Baarium 137,36	57 Lantaan 138,92	72 Hafnium 178,6
	9	79 Kuld 197,2	80 Elavhõbe 200,61	81 Tallium 204,39	82 Tina 207,21
VII	10	87 Raadium 226,05	88	89 Aktiinium (227)	90 Toorium 232,12

Lantaanid:	58	59	60	61	62	63
	Tseerium 140,13	Praseodüüm 140,92	Neodüüm 144,27	—	Samaarium 150,43	Euroopium 152

PERIOODILINE SÜSTEEM.

number, all elemendi aatomkaal.

p i d				
V	VI	VII	VIII	0
				2 Heelium 4,003
7 Lämmastik 14,008	8 Hapnik 16,000	9 Fluor 19,00		10 Neon 20,183
15 Fosfor 31,02	16 Väävel 32,06	17 Kloor 35,457		18 Argon 39,944
23 Vanaadium 50,95	24 Kroom 52,01	25 Mangaan 54,93	26 Raud 55,85 27 Koobalt 58,94 28 Nikkel 58,69	
33 Arseen 74,91	34 Seleen 78,96	35 Broom 79,916		36 Krüptoon 83,7
41 Nioobium 92,91	42 Molübdeen 96,0	43 Masuurium (98)	44 Ruteenium 101,7 45 Roodium 102,91 46 Pallaadium 106,7	
51 Antimon 121,76	52 Telluur 127,61	53 Jood 126,92		54 Ksenoon 131,3
73 Tantaal 180,88	74 Volfram 184,0	75 Reenium 186,31	76 Osmium 190,9 77 Iriidium 193,1 78 Plaatina 195,23	
83 Vismut 209,00	84 Poloonium (210,0)	85		86 Emanatsioon 222
91 Protaktiinium (231)	92 Uraan 238,17			

64 Gadoliinium 156,9	65 Terbium 159,2	66 Düsproosium 162,46	67 Holmium 163,5	68 Erbium 167,2	69 Tuulium 169,4	71 Kassiopeium 174,99
					70 Üterbium 173,04	

SISUKORD.

	Lk.
Sissejuhatus	3
Aine ehitus	5
Aatomi ehitus	8
Raadium ja radioaktiivsus	14
Aatomi tuuma ehitus	20
Aatomi siseenergia	22
Aatomi tuuma purustamine	29
Aatompomm	32

Vastutav toimetaja *A. Mitt.*

Ladumisele antud 5. VII 1947. Trükkimisele antud 23. VIII 1947. Trükiarv 5200.
Paber 56×79, ¹/₁₆. Trükipoognaid 2,75. Trükitähti trükipoognas 35480.
Arvutuspoognaid 2,24. MB 03809. Trükkikoda „Tartu Kommunist“, Tartu,
Ülikooli 21/23. Tellimise nr. 1246

На эстонском языке.

А. Чацкий. Строение вещества и внутриатомная энергия.

Rbl. 1.50

570