

ÜLELIIDULINE POLIITILISTE JA TEADUSALASTE
TEADMISTE LEVITAMISE ÜHING

VNFSV PEDAGOOGILISTE TEADUSTE AKADEEMIA
KIRJAVAHETAJA-LIIGE

B. M. Kedrov

DIALEKTIILINE MATERIALISM
KAASAEGSETEST AVASTUSTEST
MATEERIA E HITUSE ALAL

2 Nr. 5 (198)

M

EESTI NSV
POLIITILISTE JA TEADUSALASTE TEADMISTE
LEVITAMISE ÜHINGU
VÄLJAANNE

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1955

2/28703

A-17346

198

II

ÜLELIIDULINE POLIITILISTE JA TEADUSALASTE TEADMISTE
LEVITAMISE ÜHING

VNFSV PEDAGOOGILISTE TEADUSTE AKADEEMIA
KIRJAVAHETAJA-LIIGE

B. M. KEDROV

DIALEKTILINE MATERIALISM
KAASAEGSETEST AVASTUSTEST
MATEERIA E HITUSE ALAL

EESTI NSV POLIITILISTE JA TEADUSALASTE TEADMISTE
LEVITAMISE ÜHINGU
VÄLJAANNE

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

TALLINN 1955

Originaali tiitel:

Б. М. Кедров

ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛИЗМ О СОВРЕМЕННЫХ
ОТКРЫТИЯХ В ОБЛАСТИ СТРОЕНИЯ МАТЕРИИ

Москва. Издательство „Знание“ 1954 г.

Tõlkinud R. Koch

*

SISUKORD

Sissejuhatus. Revolutsioon füüsikas XIX sajandi lõpust kuni XX sajandi alguseni kui maailma füüsikaliste piltide asendumine	3
Maailma vana, mehaaniline pilt	6
Maailma vana, mehaanilise pildi murrangu algus. Elektromagnetilise pildi tekkimine	11
Aine ja valguse mõistete vahelise eraldatuse likvideerimise algus	19
Füüsikaliste protsesside kvant-mehaanilise pildi loomine	24
Füüsikaliste protsesside uusima, tuumasise pildi tekkimine	28
Kas eksisteerivad materia «viimased» osakesed	37
Järeldused	42

2 ✓

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
28703

Sissejuhatus. Revolutsioon füüsikas XIX sajandi lõpust kuni XX sajandi alguseni kui maailma füüsikaliste piltide asendumine.

45 aastat tagasi ilmus trükist V. I. Lenini raamat «Materialism ja empiriokrititsism». Selles raamatus andis Lenin purustava hoobi mahhismile; ta paljastas mahhistide, energeetikute ja teiste «füüsikaliste» idealistide katsed ära kasutada oma huvides tol ajal tehtud avastusi füüsika valdkonnas, eriti mateeria ehituse alal. Neid avastusi ja nende poolt mateeria ehituse ja omaduste kohta esile kutsutud füüsikaliste ettekujutuste põhjalikku murrangut nimetas Lenin «uusimaks revolutsiooniks loodusteaduses». Milles siis seisis see revolutsioon? Teisiti öeldes, millised loodusteaduses valitsenud ettekujutused XIX ja XX sajandi vahetusel kokku varisesid ja millised tekkisid?

Kuni XVIII sajandi keskpaigani valitses loodusteaduses peaaegu jagamatult metafüüsiline vaade loodusele. Selle vaate keskpunktiks, nagu märkis Engels, oli looduse absoluutse muutumatus tunnustamine. XVIII sajandi keskpaiku tehti loodusteaduses terve rida avastusi, mis õõnestasid seda vaadet loodusteaduse eri aladel, kuid tervikuna teda esialgu ei purustanud. Kuid XIX sajandi teisel veerandil toimusid loodusteaduses kolm suurt avastust, mis juba täielikult purustasid metafüüsilise vaate loodusele. Tänu rakuteooria ja arenemisõpetuse rajamisele varises samm-sammult selline vaade kokku kõigil loodusteaduse aladel: astronoomias, siis geoloogias, füüsikas (mateeria liikumise vorme käsitleva õpetuse osas) ja keemias ning, lõpuks, bioloogias; XIX sajandi lõpuks säilitas metafüüsika veel mõningad positsioonid loodusteaduses, kuid kaugeltki mitte kõik, sisuliselt ainult füüsika ja keemia valdkonnas, kõige lihtsamate, elementaarsemate (tol ajal tuntute hulgast) materiaaliikide (aatomite, keemiliste elementide) ja kõige üldisemate ja lihtsamate (samuti tol

ajal tuntute hulgast) materia omaduste (selliste nagu mass) ning tema olemise vormide (ruumi ja aja) õpetuse valdkonnas. Siia, sellesse loodusteaduse valdkonda, ei suutnud dialektika veel XIX sajandil täielikult tungida selle tõttu, et seda loodusteaduse valdkonda ei uuritud veel tol ajal enam või vähem üksikasjaliselt. Siin valitsetid veel metafüüsilised, mehhanistlikud vaated «jagamatule» ja «püsivaile» aatomeile, «muundumatuile», «igavestele» elementidele, mehaanilisele massile kui materiaalse kehade absoluutsele alalisele tunnusele, «tühjale», absoluutsele ruumile kui materiaalse kehade lihtsale mahutile jne. Ehkki Mendelejevi perioodilisuseeaduse avastamine 1869. aastal õonestas metafüüsilist vaadet aatomeile ja elementidele, siiski ei olnud ta veel suuteline purüstama absoluutselt muutumatu aatomi tunnustamisele rajatud vanade vaadete keskset punkti.

XIX sajandi lõppu tähistasid suured avastused füüsikas (röntgenikiired, radioaktiivsus, elektronid ja teised), mis tähendasid inimese tungimist materia sügavusse, aatomi sügavusse, koos sellega ka uue, sisuliselt dialektilise vaate tungimist füüsika tollesse valdkonda, kus seni võis veel peitu pugeda metafüüsika. Seoses sellega varises kokku maailma vana füüsikaline pilt ja tema asemel tekkis uus pilt. Lenin paljastas idealiste, kes kinnitasid, et materialism olevat seotud ainult maailma ühe kindla pildiga, nimelt maailma mehaanilise pildiga, milline just XIX ja XX sajandi vahetusel kokku varises. Idealistid väitsid seda selleks, et salaja sisse poetada järgmist mõtet: kui variseb kokku maailma vana, mehaaniline pilt, siis koos vanade, mehaaniliste vaadetega maailmale variseb kokku ka materialism, kuivõrd ta olevat seotud selle ja ainult selle maailma pildiga. Lenin näitas, et see on lausa lori, et ei tohi väita, nagu oleks materialism seotud maailma mingisuguse ühe, kindla, hävineva, vananenud pildiga. Lenin rääkis, et materialism ei ole tingimata seotud ei maailma mehaanilise pildiga ega mingi muu füüsikalise pildiga; vastupidi, dialektiline materialism arvab, et maailm on lõpmatult komplitseeritud ja et kui maailma vana, mehaaniline pilt kujutas loodusenähtusi lihtsustatult, siis uus füüsikaline pilt, mis oli XX sajandi alguses alles loomisel, peegeldab arenevat loodust sügavamalt, täielikumalt ja õigemini. Kuid ka see uus pilt ei ammenda kogu loodust. Lenin rääkis, et täiesti vale on idealistide

väide, nagu oleks materialism seotud mehaanilise, mitte aga elektromagnetilise või veel mõõtmatult keerulisema maailma pildiga — liikuva mateeriaga.

Dialektilise materialismi tees, et maailm on liikuv materia ja et igasugune maailma füüsikaline pilt on ainult möödaminev etapp liikuva materia tunnetamises inimese poolt, on dialektilise materialismi üheks põhiteesiks. See tees on võtmeks niihästi XX sajandi algul füüsikas ja kogu loodusteaduses toimunud protsesside kui ka Lenini raamatu «Materialism ja empiriokrititsism» ilmumisele järgnenud sündmuste arusaamiseks. See tees on võtmeks selle revolutsiooni mõistmiseks, mis tol ajal toimus ja mis toimub praegugi loodusteaduses.

Tõepoolest, 45 aasta jooksul, mis on möödunud pärast seda, kui ilmus Lenini raamat, toimusid veelgi grandioossemad avastused füüsikas, võrreldes nende avastustega, mis kutsusid esile uusima revolutsiooni alguse loodusteaduses: nimelt tekkis ja jõudis juba muutuda maailma uus füüsikaline pilt, süvenes veelgi rohkem füüsikakriis kapitalismimaades. Kogu see füüsikaliste nähtuste tunnetamise protsess ja maailma kaasaegse füüsikalise pildi väljatöötamine toimub just nii, nagu seda Lenin oma raamatus ette nägi.

XX sajandi algul tuli maailma vana, mehaanilise pildi asemele uus, elektromagnetiline pilt. Kuid meie sajandi 20-ndatel aastatel juba vananenud elektromagnetilise pildi asemele saabus uuem füüsikaliste protsesside pilt — «kvant-mehaaniline», mis kujunes välja juba pärast Lenini raamatu ilmumist. Kuid sellest ajast peale on toimunud uued muudatused. Viimase 15—20 aasta vältel näitas «kvant-mehaaniline» pilt, et ta ei ole täielik ega piisav. Tekib füüsikaliste nähtuste — tuumaprotsesside, tuumasiseste muutuste, liikumiste ja muundumiste mõõtmatult keerukam pilt. Need nähtused ei mahu kvant-mehaanilise pildi raamesse.

Teadusliku tunnetamise üha suurenev tungimine materiasse, tema ehitusse, omadustesse, tema osakestesse viib selleni, et maailma füüsikalised pildid üksteist asendades tekitavad üha täielikuma, üha sügavama ettekujutuse sellest, kuidas toimuvad looduses füüsikalised protsessid, milline on materia füüsikaline ehitus. See maailma füüsikaliste piltide üksteisele järgnev asendumine vajab üksikasjalisemat käsitlemist.

Maailma vana, mehaaniline pilt.

Muistsel ajal ei eksisteerinud loodusteadus kui iseseisev teadus. Füüsika oli siis lahustunud ühtses natuurfilosoofias ja maailma pilt ei olnud veel rangelt põhjendatud loodusteaduslike andmetega. See oli maailma puht natuurfilosoofiline pilt. Maailma käsitleti siis tema tervikus kui midagi ühtset, tükeldamatut, kus kõik on omavahel seotud, kõik on läbi põimitud, kõik liigub või, nagu rääkis Herakleitos, kõik voolab, kõik muutub. Mateeriat ja liikumist käsitleti omavahelises lahutamatus seoses. Kuid seda lahutamatus mõisteti väga naiivselt.

Tunnetada maailma ainult kui tervikut, jaotamata teda osadeks, vaadelda teda ainult vahetult kaemuse teel on võimatu; sellisel summaarsel lähenemisel on võimatu tunnetada liikumis- ja kehade muundumisseadusi ja üldse loodusseadusi. Selleks, et tunnetada tema seadusi, on vaja maailm eelnevalt jaotada osadeks, uurida iga tema valdkonda eraldi, isoleeritult, on vaja maailma justkui lahata, eraldada temast need valdkonnad, millised kuuluvad uurimisele. Ainult nii võib tunnetada üksikuid loodusseadusi ja neid tunda õppida.

Pärast seda kui loodusteadus koos füüsikaga läi lahku enne ühtsest natuurfilosoofiast, arenes mehaanika, mis uurib liikumise lihtsaimat vormi — kehade siirdumist. Seoses mehaanika arenemisega XVII—XVIII sajandil kujunes too maailma mehaaniline pilt, mis eksisteeris osaliselt enne revolutsiooni loodusteaduses ja millest kirjutas Lenin.

Mis oli siis maailma mehaanilise pildi aluseks? Sellele küsimusele on vaja vastata, sest muidu pole võimalik aru saada nende avastuste filosoofilisest tähendusest, mis toimusid Lenini ajal ja mis toimuvad praegu.

Analüüsides loodust, jõudsid XVII—XVIII sajandi teadlased liikuva mateeria kui looduse ühtse aluse mõttelisele jaotamisele mateeriaks ja liikumiseks. Oma abstraktsioonis hakkasid teadlased eraldama mateeriat liikumisest ja käsitlema mateeriat nii, justkui puuduks tal liikumine, sisemine aktiivsus, «iseliikumine». Niisugune inertne, ilma liikumiseta mateeria, käsitletuna kvantitatiivsest, mehaanilisest küljest, sai massi nimetuse: mass on mateeria üks fundamentaalsemaid füüsikalisi omadusi. Makrokehade tavalise mehaanika seisukohast ei sõltu mass liiku-

misest, kuivõrd teda käsitletakse algusest peale kui midagi välist liikumise suhtes.

Seda vana mehaanika teesi võib üles märkida järgmiselt: suhtelises paigalolekus asuva keha mass (m_0) võrdub sama keha massiga (m_v), kui ta liigub kiirusega $v: m_0 = m_v$. Niisugune tees on õige võrdlemisi suurt massi omavate ja võrdlemisi aeglaselt, väikese kiirusega liikuvate suurte kehade kohta, kuid seda teesi ei saa rakendada kõigile looduskehadele, sest väikest massi omavate ja hiiglasuure kiirusega liikuvate mikrokehade puhul pole ta rakendatav.

Tees, et iga paigalolekus asuva keha mass võrdub sama keha liikuvale massile, see tähendab, et mass ei sõltu liikumisest, ei muutu keha liikumiskiiruse tõusuga, moodustab vana mehaanika ja maailma mehaanilise pildi ühe aluseist. Seejuures käsitletakse liikumist välisena materia suhtes, nagu oleks ta temasse toodud väljastpoolt, välis-tõuke abil talle antud; liikumise allikat aga käsitletakse kui mingit «jõudu». «Jõu» mõiste eeldab, et liikumise allikas asub väljaspool materiat ennast. Niisugune on maailma vana pildi esimene eraldustunnus.

Teine tema tunnus seisab selles, et makroprotsesside valdkond, s. o. meid ümbritsevate, vahetult aistitavate meie poolt nähtavate kehade valdkond, ei erinenud kvalitatiivselt silmale nähtamatu materia osakestega toimuvate mikroprotsesside valdkonnast; arvati, et makrokehad ja mikrokehad liiguvad mehaanika ühtede ja samade seaduste alusel ja et nii ühtedel kui ka teistel ei sõltu mass võrdsel määral liikumisest. Kaduvalt väikeste kehadega toimuvat mikroprotsesside valdkonda, mida meie lihtsuse mõttes edaspidi nimetame aatomite valdkonnaks, käsitles vana mehaanika kui mehaaniliste makroprotsesside valdkonna lihtsat sarnasust; vastavalt sellele vaatele liiguvad aatomid täpselt samuti, nagu liiguvad planeedid. Aatom — see on kõige tavalisem, ainult väga väikeste mõõtudega mehaaniline kuulike; aatom on taevakehade sarnane, justkui nende miniatuurne väljaanne. Mingisuguseid kvalitatiivseid erinevusi, kvalitatiivseid iseärasusi mikroosakestel makrokehadega võrreldes ei eksisteeri; nende erinevus on ainult suuruses, s. o. ainult asja puhtkvantitatiivses küljes; lühidalt öeldes, aatomid on meid ümbritsevate nähtavate kehade täpne mehaaniline koopia.

Maailma vana mehaanilise pildi kolmas tunnus, mis on tihedalt seotud mõlema eelmisega, seisab selles, et kogu maailma käsitletakse nii, nagu oleks materia moodustatud diskreetsetest osakestest, üksikutest kehade, milliste pisemad osakesed — aatomid — on universumi algosakes-teks. Aatomitega ammenduvad kõik muutused maailma-ruumis, aatomitega ammendub seepärast ka kogu meie tunnetus. Vastavalt sellele vaatele on aatomid absoluut-selt lihtsad, jagamatud, lagundamatud, muundamatud: nad on igavesed ja muutmatud; ettekujutus aatomitest kui muutmatutest, arenemiseks mittevõimelistest algmateria osakestest, see on vana metafüüsilise materialismi ja temaga seotud maailma mehaanilise pildi üks põhialuseid.

Niisugused on teesid, mis olid maailma mehaanilise pildi vundamendiks; samasugused mehhanistlikud, meta-füüsilised kujutlused eksisteerisid ka ruumi ja aja kohta, kuid meie neid siin ei puuduta. Edaspidi on kõne all mitte üksnes mehaanika, vaid ka füüsika ja keemia, eelkõige aga aine ja valgus kui liikuva materia mitmesugused füüsikalised liigid, mida uurib mitmesugusest küljest füü-sika ja keemia.

Juba XVII—XVIII sajandil tekkisid mehaanika järel füüsika ja keemia; nende vahel, samuti kui ka toleaege se loodusteaduse teiste valdkondade vahel, olid ära jagatud mitmesugused looduse uurimise alad. Keemia uuris nii keemilise aine mitmesuguseid liike, keemilisi elemente ja nende ühendeid kui ka aine keemilisi muundumisi, s. o. keemilisi reaktsioone; füüsika aga uuris kehade agregaat-ja üldse füüsikalisi olekuid, uuris materia mitmesuguseid füüsikalisi liikumise vorme, milliseid käsitleti XVIII sajandil kui eri «vedelikke» ehk «fluiide». Edaspidi, juba XIX sajandi keskpaiku, selgus, et kõik see on energia mitmesugused vormid. Sisuliselt oli füüsika objektiks ener-gia mitmesuguste liikide uurimine, samal ajal kui keemia objektiks oli aine mitmesuguste liikide uurimine; sealjuu-res uuriti ühe teaduse objekti lahus teise teaduse objektist.

Selle kõrval tekkis juba XVIII sajandil sügav, oma sisult dialektiline idee füüsika ja keemia vastastikuse seose kohta. Sellise idee esitas Lomonossov, kes ütles: ei ole olemas füüsikat eraldi keemiast ja ei ole olemas kee-miat eraldi füüsikast, vaid on olemas füüsikaline keemia; järelikult rõhutas Lomonossov mõlema looduse tunnetam-ise valdkonna lahutamatu seost. Lahutamatu seost füü-

sikaliste ja keemiliste nähtuste vahel väljendas ta üldise, universaalse jäävuse seaduse formuleeringus; see seadus hõlmab niihästi materiat kui ka liikumist. Ta ütles, et kõik muutused looduses toimuvad nii, et niipalju kui ühele kehale lisandub, niisama palju kaotab teine keha ja et see tees on rakendatav ka liikumise kohta.

Niisiis väljendas Lomonossov kõige üldisemal kujul, kuid veel mitte konkreettsel füüsikalisel kujul, nagu seda tehti 150 aastat hiljem, looduse fundamentaalset seadust — materia ja liikumise jäävuse seadust.

Kuid tolleaegse, metafüüsilise loodusteaduse arenemine toimus loodusnähtuste mitmesugusteks aladeks edasise analüütilise liigendamise teel; seetõttu ei võtnud teadlased Lomonossovi üldist seadust alguses tervikuna vastu. Nad võtsid seda vastu justkui osade kaupa; üks neist osadest puudutas aine või massi jäävust, teine — liikumise jäävust. Alles meie sajandil jõudis teadus loodusest füüsikalisele konkretiseeringule, Lomonossovi seaduse füüsikalisele formuleeringule tema esialgses universaalsuses.

Aine põhitunnuseks peeti massi. Kõike, mis omab massi, käsitleti ainaena; kooskõlas sellega formuleeriti aine jäävuse seadus, mis tulenes Lomonossovi üldisest seadusest ja mis väljendati Lomonossovi enda poolt kui jäävuse üldise seaduse üksikjuhtum. Kuid pärast Lomonossovit hakati käsitlema aine või massi kaalu jäävuse seadust juba mitte kui jäävuse üldisest seadusest tulenevat järeldust, vaid kui liikumise jäävuse seadusest sõltumata keemia iseseisvat seadust, mille järgi keemiliselt reageerivate ainete summaarne mass on jääv.

Seda seadust võib üles märkida järgmisel kujul: omavahel reageerivate ainete summaarne mass (Σm) on püsiv suurus: $\Sigma m = \text{const}$.

Umbes 100 aastat Lomonossovist hiljem formuleeriti füüsikas analoogilisel kujul samasugune seadus liikumise või energia suhtes; see oli energia jäävuse seadus, mille järgi summaarne energia (ΣE) on püsiv suurus: $\Sigma E = \text{const}$. Mõlemaid jäävuseseadusi käsitleti kui iseseisvaid, üksteisest eraldatuid, s. o. täpselt samuti, kui olid üksteisest eraldatud looduse uurimise valdkonnad ise.

Siinkohal ei ole võimalik üksikasjaliselt peatuda nende seaduste uurimise ajalool, sest see viiks põhiteemast kõrvale; peatume ainult küsimuse ühel küljel, mis puudutab materia ehitust.

Too asjaolu, et ainele oli omistatud mass kui tema ainulaadne, monopoolne tunnus, on tihedalt seotud aine ehituse üldise kujutlusega. See kujutus viis tagasi selle tunnustamisele, et aine on ehitatud üksikuist teatud massiga (aatom- või molekulaarkaaluga) varustatud osakesest, aatomitest ja molekulidest, teisiti öeldes, et aine omab diskreetset ehitust. Vaatleme üht näidet.

Kõigile on hästi teada vee keemiline valem: H_2O . See tähendab, et vee diskreetne osakene (molekul) koosneb kolmest aatomist: kahest vesiniku- (H) aatomist ja ühest hapniku- (O) aatomist. Aga vesinikülihapend (H_2O_2) erineb veest mõninga diskreetse suuruse — 1 hapniku-aatomi — võrra.

Kujutus aine atomistlikust ehitusest sai XIX sajandi keemia põhialuseks. Aatomi mõiste sai domineerivaks aineõpetuses, teisiti öeldes, siin sai domineerivaks katkevuseidee, diskreetseuseidee. Mingit pidevust aine ehituses ei lubatud.

Nüüd pöördume kujutlusele valgusest. XIX sajandil valgust seletati energia eriliigina, kiirgusenergiana. Milline oli siis valgusnähtuste pilt? See pilt oli otse vastand aine ehituse suhtes väljakujunenud pildile. Tõsi küll, varem, ammu enne XIX sajandit, toimus õpetlaste hulgas diskussioon valguse korpuskulaarse ja lainelise tõlgenduse pooldajate vahel; kuid juba XIX sajandil toimusid sellised avastused, nagu valguse interferents, s. o. lainete ühtimine, kusjuures viimased võivad üksteist tugevdada või nõrgendada, ja valguse difraktsioon, s. o. laine paindumine kitsa ava puhul; tänu sellele võitis optikas valguse laineteooria. Valguse suhtes sai laineidee XIX sajandil võidu korpuskuli- (osakese) idee üle.

Kuid laine — see on pidevalt toimuv protsess. Lainet ei saa kujutleda osakesena, teda ei saa kujutada teravalt väljendatud piiridega kuulikesena. Laineidees endas peitub pidevuseidee. Tunnustada valgust laine kujulisena tähendas tunnustada teda millegi pidevana.

Rööbiti sellega, et füüsika ja keemia olid omavahel jaganud aine ja energia uurimise, eraldusid XIX sajandil teravalt materia ehituse kaks kontseptsiooni: pidevuse kontseptsioon, milline sai aluseks füüsikalistele kujutlustele valgusest (valguse laineteooria) ja hiljem ka energiast (pidevate funktsioonidega opereeriv termodünaamika), ja katkevuse, diskreetseuse kontseptsioon, mis sai

keemia aluseks. Ühtne, dialektiline kujutus füüsikalistest ja keemilistest protsessidest kui vastaspoolte — pidevuse ja katkevuse ühtsusest ja vastastikuselt seosest oli loodusteadusest sellise metafüüsilise lõhe tõttu kõrvaldatud. Katkevus ja pidevus materia ehituse ja tema füüsikaliste olekute — aine ja valguse — käsituses olid justkui polari-seeritud: valgust tunnustati ainult millegi pidevana, ainet — ainult millegi diskreetsena.

Juba XIX sajandi lõpuks hakkas ilmne materia ehitusest olemasolevate ühekülgsede kujutluste paikapidamatus, õigemini — puudulikkus.

Mendelejev juhtis perioodilisuseeaduse alusel tähelepanu sellele, et peab eksisteerima seesmine seos kaalu, järelikult ka massi muutumise ja hüpoteetiliselt oletatava keemiliste elementide tekkimise või lagunemise energia muutumise vahel. Uued käsikirjalised materjalid, mis leiti üles viimase viie aasta jooksul Leningradi Riikliku Ülikooli juures asuvas Muuseumis-arhiivis, näitavad, kuivõrd geniaalselt nägi Mendelejev ette palju sellest, millega tegeleb kaasaegne loodusteadus, sealhulgas ka tuumafüüsika. Kuid XIX sajandi 70-ndatel aastatel oli see kõik veel ainult oletus, hüpotees. Üldjoontes, ehkki mitte täielikult, püsis maailma mehaaniline pilt möödunud sajandi 90-ndate aastate lõpuni, s. o. peaaegu meie sajandi alguseni. Edaspidi allus ta põhjalikule murrangule.

Maailma vana, mehaanilise pildi murrangu algus. Elektromagnetilise pildi tekkimine.

Maailma uue, elektromagnetilise pildi aluste rajamine algas juba XIX sajandil füüsikute-materialistide — Faraday, Maxwelli, Stoletovi, Herzi ja teiste töödes. Eriti suurt osa selles suhtes etendas valguse elektromagnetilise teooria loomine. Siiski etendas maailma mehaaniline pilt XIX sajandi lõpuni füüsikas veel juhtivat osa: ta varises kokku ainult loodusteaduses toimunud uusima revolutsiooni hoope all.

Rääkides uusimast revolutsioonist loodusteaduses, pidas Lenin silmas neid avastusi füüsikas, mis purustasid maailma vana, mehaanilise pildi, kuigi, nagu näeme edaspidi, ei purustanud teda veel täielikult, lõplikult. Kõigepealt pidas Lenin silmas XIX sajandi lõpu füüsika kaht suurt avastust — elektroni ja radioaktiivsuse avastust. Nendest

avastustest kirjutas Lenin oma teoses «Materialism ja empiriokrititsism», artiklis «Karl Marx», kirjades Gorkile ja hiljem, 1922. aastal, artiklis «Võitleva materialismi tähtsusest». Miks siis just need avastused kutsusid esile sellise tohutu revolutsioonilise ümberkujunemise materia ehituse kujutlustes? Sellepärast, et nad täielikult purustasid vanad metafüüsilised kujutlused aatomi muutmatusest. Mõiste aatomist kui materia jagamatust osakesest lakkas pärast neid avastusi eksisteerimast. Nurgakivi, millele tugines vana, ikka veel säilinud metafüüsiline vaade loodusele — metafüüsiline kujutus materiaist kui muutmatuist ja igavestest algosakestest, löödi puruks.

Nagu see selgus hiljem, koosneb iga aatom kahest piirkonnast (või sfäärist): kiirelt liikuvate, negatiivse elektriga laetud elektronidest koosnevast aatomikestast ja väga väikesest (võrreldes kestaga) aatomi tsentris asuvast ning positiivse elektriga laetud aatomituumast. Tänu mainitud kahele avastusele hakkas teadus tungima aatomi sisemusse — üheaegselt tema elektronidest koosnevasse kesta ja tema tuuma, sest, nagu hiljem selgus, on elementide radioaktiivne lagunemine nende aatomituumade muundumine, s. o. tuumaprotsess. Niisiis oli tee (aatomi sisemusse) avatud elektroni (uks aatomi kesta) ja radioaktiivsuse (uks aatomi tuuma) avastamise tõttu. Sellega seletub just nende kahe füüsikalise avastuse eriline tähtsus, millede kõrval tehti ka teisi avastusi (näiteks röntgenikiired, valguse rõhk, kvandid jt.).

Neist kahest avastusest tulenesid järgmised järeldused.

Esiteks, aatomid osutusid muutlikeks, lagunevaks ja muunduvaks. Mis on radioaktiivsus? See on elementide lagunemine, ühe elemendi aatomite muundumine teise elemendi aatomeiks. Siin tuleb vahetult ja otseselt esile aatomite muutlikkus, keemiliste elementide lagunevus. Seega variseb kokku kogu vana füüsikaliste kujutluste süsteem materia ehituse kohta.

Teiseks, osutus, et aatomid on keerukad; kui nad on suutelised muunduma üksteiseks, siis see tähendab, et neil on mingisugune keerukas sisemine ehitus. Kuid nad on veel keerukad ka sellepärast, et koosnevad pisematest materia osakestest, elektronidest. Järelikult selgus, et aatomid ei ole sugugi mingisugused absoluutselt lihtsad, mehaanilised kuulikesed, milleks füüsikud neid varem pidasid, vaid et nad on väga keerukad süsteemid, mis

koosnevad võrratult väiksematest kui aatomid elektriliselt laetud materia osakestest, kusjuures need laetud osakesed ei asu paigalolekus, vaid liiguvad pidevalt ja väga kiirelt aatomis endas ja on omavahel väga keerulises vastastikusel toimes; nende avastatud osakeste (elektronide) liikumiste ja vastastikuste toimete tulemusena tekivad aatomid ise. Niisugune oli teine järeldus.

Kolmandaks, osutus, et oma loomu poolest ei ole elektronidel mehaanilist iseloomu, vaid on elektromagnetiline iseloom, sest nad kujutavad endast elektriliste laengutega varustatud osakesi. Sellest tehti järeldus, et kui aatom, mida varem käsitleti algosakesena, materia algehituskivikesena, ise koosneb elektronidest, siis see tähendab, et materia põhialuse, tema ehituse põhialuseks ei ole mehaanilised omadused, mehaanilised protsessid, vaid on elektrilised omadused, elektromagnetilised protsessid. Kõik see viis maailma elektromagnetilise pildi loomisele.

Elektroni ja tema liikumise edasine uurimine näitas, et vanad kujutlused mehaanikast ei ole rakendatavad avastatud elektromagnetiliste, elektroniliste nähtuste valdkonna suhtes. Selgus, et elektroni mass ei püsi konstantsena, nagu see makrokehade tavalise mehaanika seaduste kohaselt peaks olema, s. o. vastavalt maailma endise mehaanilise pildiga; osutus, et elektroni mass on muutlik ja sõltub elektroni liikumisest, tema liikumise kiirusest. Kui elektron on paigalolekus, siis tema mass (m_0), mida nüüd nimetatakse «paigaloleku massiks», on oma tähenduselt erinev tollest massist (m_v), mis on elektronil, kui ta liigub kiirusega v . «Paigaloleku mass» (m_0) on väiksem kui on liikuva elektroni mass (m_v). Seda võib üles märkida järgmiselt: $m_0 < m_v$, kus märk $<$ tähendab, et m_0 on m_v -st «väiksem». Kui elektron liigub, siis, järelikult, tema mass kasvab, ja mida kiiremini elektron liigub, seda rohkem kasvab tema mass. Niisiis, massi käsitleti varem kui materia mingit absoluutset omadust, mis on täiesti sõltumatu liikumisest, mis on jääv, ükskõik, kas keha liigub või asub paigalolekus; nüüd aga osutus, et elektronide ja üldse mikroosakeste mass sõltub nende liikumise kiirusest.

Sellela ilmnis makro- ja mikrokehade kvalitatiivne vahe. Makrokehade puhul, milliseid me võime vahetult näha, toimivad mehaanika seadused, mille järgi $m_0 = m_v$; mikroosakeste puhul toimivad juba teised liikumisseadu-

sed, sest mikroosakestel kasvab kiiruse suurenemisega ka nende mass.

Filosoofid-idealistid tegid katse tõlgendada uusi avastusi füüsikas enda kasuks, teha nendest avastustest idealistidele vajalikud gnoseoloogilised järeldused. Veel enam, filosoofid-idealistid rakendasid kõik jõupingutused selleks, et tõmmata enda poole, s. o. idealismi positsioonidele, mõningaid füüsikuid, kes moodsatele reaktsioonilistele vooludele järele andsid. Selle tulemusena tekkis «füüsikalise» idealismi eri kool, mis andis füüsikalistele teooriatele, mõistetele ja uusimatele füüsikalistele avastustele idealistliku tõlgendamise.

Lenin kritiseeris «füüsikalisi» idealiste (mahhiste ja energeetikuid) halastamatult; ta avastas füüsika selle kriisi üldised põhjused, mida tekitas «reaktsioon kogu rindel», millise reaktsiooni tõi endaga kaasa imperialism. Koos sellega tõi Lenin esile «füüsikalise» idealismi tunnetamise juured, mis seisavad füüsika matematiseerimises ja relatiivsuse põhimõttes. Lenin näitas füüsikale põhilise tee kriisist väljapääsemiseks metafüüsilise materialismi dialektilise materialismiga asendamise kaudu.

Missugused olid need konkreetset filosoofilised ja füüsikalised probleemid, millede ümber puhkes kõigepealt materialismi ja idealismi vaheline võitlus füüsikas XX sajandi algusel? Lenini raamatu «Materialism ja empirio-krititsism» mitmes kohas iseloomustatakse maailma teadusliku tunnetamise objektina. Kui kõik need vastavad iseloomustused kokku võtta, siis võib öelda, et, Lenini järgi, *maailm on materia seaduspärane liikumine, mis toimub ruumis ja ajas*. See eeldab: 1) materiat kui objektiivset reaalsust, 2) liikumist kui materia eksisteerimise vormi, 3) ruumi ja aega kui olemise peavorme ja 4) seaduspärasust kui maailma asjade ja nähtuste üldist seost ja vastastikust sõltuvust. Oma katseis «ümber lükata» materialismi üritasid idealistid juba pool sajandit tagasi «läbi murda» materialistlikust vaatest maailmale kõigis neis neljas punktis ja eelkõige kahes esimeses: esiteks, nad püüdsid tõestada materia «kadumist», tema «asendamist» elektriga või, veel halvem, matemaatiliste võrranditega. Sealjuures kasutasid nad tol ajal füüsikalise-mehhanistide hulgas levinud materia filosoofilise mõiste ärasegamist füüsikaliste kujutlustega tema ehituse kohta. Massi muutlikkust, tema sõltuvust osakeste liikumise kiirusest, aatomi

purustatavust, elektroni avastamist kõigi aatomite koostisosana ja teisi dialektilist materialismi kinnitavaid füüsikalisi avastusi kasutasid idealistid selleks, et tõestada mateeria näivat kadumist, koos sellega ka materialismi näivat kokkuvarisemist.

Teiseks, idealistid püüdsid lahutada liikumist materiast, energiat materiast ja neid tõlgendada «puhta liikumisenä», «puhta energiana». See idealistlik katse — kujutleda liikumist ilma materiata — sai niinimetatud Ostwaldi energetismi aluseks.

Lenin paljastas kõik need ja nendetaolised katsed õigustada ja põhjendada filosoofilist idealismi viidetega uuele füüsikale. Lenin näitas, et materialism on seotud materia kui objektiivse reaalsuse tunnustamisega, kõigi tema vormide ja seoste (liikumise, ruumi ja aja, põhjuslikkuse ja seaduspärasuse) objektiivsuse tunnustamisega. Eriti analüüsis Lenin üksikasjaliselt seda, kuidas idealistid moonutavad elektroni massi muutlikkuse nähtuse tõelist olemust. Selle avastuse füüsikaline olemus seisis selle esiletoomises, et materia ja liikumine on omavahel lahutamatu seotud. Kui muutub materia selline füüsikaline omadus, selline tema tunnus või tema avaldumine nagu mass, siis see ei saa toimuda ilma sama materia osakese liikumise muutuseta. Materia eksisteerib ainult liikuva materiana, mingit absoluutselt paigalolevat, liikumiseta materiat ei ole, samuti nagu ei ole liikumist, mis ei ole seotud materia. Sellepärast ei saa liikumise kiiruse suurenemine toimuda osakestel teisiti kui sama osakese materia üheaegsel kvantitatiivsel suurenemisel, mille füüsikaliseks avaldumiseks ongi just tema massi suurenemine koos tema liikumise kiirenemisega. Niisiis oli elektroni omaduste muutlikkus materia ja liikumise lahutamatu seose tõestuseks, missugune seos väljendus elektroni massi sõltuvuses tema liikumise kiirusest. On arusaadav, et idealistlikele järeldustele sellest, nagu materia kaoks, läheks liikumiseks üle jne., siin ei olnud ega ole absoluutselt mingisuguseid põhjusi. Elektroni massi muutlikkuse avastamine oli materialistliku dialektika ühe põhiteesi otseseks tõenduseks, et materia ja liikumine on lahutamatu.

Veel suuremal määral leidis see tees kinnitust pärast veel üldisemat avastust, et vastastikune seos energia ja massi vahel on olemas mitte ainult elektroni puhul, mis liigub mitmesuguse kiirusega, vaid ka iga keha puhul igas

tema olékus; see seos on esiteks lahutamatu ja teiseks kvantitatiivselt rangelt kindlaks määratud. 1905. aastal formuleeris A. Einstein üldise seaduse, mille järgi iga füüsikalise objekti energia (E) võrdub arvuliselt tema massile (m), korrutatud valguse kiirusega ruudus (c^2) (valguse kiirus $c = 300$ tuhat kilomeetrit sekundis). Järelikult väljendub mingisuguses kehas sisalduv kogu energia arvuline tähendus sama keha massi kaudu, korrutatud valguse kiirusega ruudus: $E = mc^2$.

Selles üldises seaduses konkretiseerus füüsikaliselt Lomonossovi universaalne tees selle kohta, et materia ja liikumine säilivad üheaegselt ja et järelikult materia ja liikumine on omavahel lahutamatult seotud.

Kui XIX sajandil käsitleti mõlemaid seadusi — massi jäävuse ja energia jäävuse seadusi — üksteisest isoleeritult, siis uues universaalses füüsikalises seaduses olid mõlemad varem lahutatud seadused omavahel seotud kui ühtse seaduse erinevad küljed. Selles seaduses energia jäävus ja massi jäävus väljenduvad nende omavahelises vastastikususes seoses. Seega leidis veel suurema jõuga kinnitust dialektilise materialismi üks põhiteese, et materia ja liikumine on lahutamatud.

Seame küsimuse: kas purustati XIX sajandi lõpul — XX sajandi algul käsitletud avastuste tulemusena kõige sügavamad, üldmetodoloogilised vanade kujutluste füüsikalised alused materia ehituse ja omaduste kohta, maailma vana mehaanilise pildi kohta? On kindel, et terve rida maailma vana pildi põhilisi teese tõepoolest purustati, kuid uuritavatele nähtustele lähenemine ise, nende uurimise meetod teadlaste poolt, jäi ikka endiseks. Tolleaegsed teadlased, kes olid oma maailmavaate poolest kõnanlikult piiratud, ei olnud rõhuvast enamuses muidugi dialektikud, mõned neist aga kaldusid juba siis ühel või teisel määral idealismi poole, muutusid «füüsikalisteks» idealistideks, tegid idealistlikke järeldusi uutest avastustest, rääkisid materia kadumisest jne. Need teadlased, loobunud endisest kujutlusest muutumatust aatomist, säilitasid vana, metafüüsilise tunnetamise meetodi, mõned nendest aga hakkasid ideoloogilise võitluse uute tingimuste mõjul materialismist lahti ütlema.

Lenin hoiatas idealismi ja metafüüsika hädaohu eest loodusteadusele: ta ütles, et elektron on niisama ammendamatu nagu aatomi, et loodus, materia on lõpmatu ja

et meie tunnetame teda lõpmatult teaduse progressiivse arengu käigus.

Miks rääkis Lenin elektroni ammendamatuses? Sellepärast, et oli hädadoht, et vanad kujutlused aatomist kui muutmatust, purunematust, igavesest materia algosakesest kantakse üle endistelt osakestelt (aatomitelt), mis osutusid purustatavaks, keerukaiks, muunduvaiks, uutele, äsja avastatud osakestele (elektronidele), mida sellest küljest veel ei olnud uuritud. Niisugusel juhul, selle asemel et rääkida nagu varem, et aatom on purustamatu, muundamatu, metafüüsikud hakkavad rääkima: elektron on purustamatu, muundamatu. See oleks tähendanud — «kallata uut viina vanadesse lähkritesse», sest vanade metafüüsiliste kujutluste alus materia kohta oleks säilinud siis täies ulatuses. Sellepärast on tarvis, nagu õpetas Lenin, revolutsioonist loodusteaduses teha üldine järeldus: ei ole üldse mingeid muutmatuid, purunematuid, ammenduvaid materia osakesi. Kõik muundub, kõik muutub — niisugune on looduse dialektika olemus. Looduses ei eksisteeri mingeid absoluutselt igavesi, materia lähtealgosakesi, olgu need aatomid või elektronid, milledest nagu oleks tekkinud kõik olemasolev. Nii elektronid kui ka kõik teised materia osakesed peavad samuti olema muutliku, keeruka moodustisega ja sellepärast sama ammendamatud nagu aatomidki. Kuid teadlased ei võtnud kuulda seda äärmiselt tähtsat järeldust, mida tegi Lenin marksistliku dialektilise meetodi loova rakendamise alusel XX sajandi alguses füüsikas toimunud avastuste analüüsimisel; tundmata ja mõistmata dialektikat, läksid teadlased selles küsimuses metafüüsika teed mööda ja käisid seda teed kuni XX sajandi esimese veerandi lõpuni. Nad lõid kujutluse elektronist kui niisugusest materiaalsest täpikujulisest kuulikesest, millega ammendub kogu materia, kõik ta omadused ja kogu struktuur. Maailma elektromagnetiline pilt seisis nende kujutlustes väites, nagu oleks materia algosakeseks mitte endine mehaaniline osakene — aatom, vaid elektriline osakene — elektron. Iseäranis sai niisugune kujutlus elektronist aluseks aatomi niinimetatud planetaarsele mudelile.

Juba elektroni massi muutlikkuse avastamine sõltuvalt tema liikumise kiirusest andis tunnistust sellest, et makroprotsesside valdkonna, kus on kehtiv seisukoht, et mass on liikumisest sõltumatu, ja mikroprotsesside valdkonna vahel

on olemas sügav kvalitatiivne erinevus. Kuid füüsikud ignoreerisid kangekaelselt seda kvalitatiivset erinevust. Nad väitsid, et elektron kujutab endast väga väikest, kuid siiski samasugust kuulikest, missuguseks varem peeti aatomit. Elektron on nende seisukohast tavaliste makrokehade, näiteks päikesesüsteemi planeetide miniatuurne sarnasus, mikroskoopiline koopia.

Kuidas mõeldi elektroni liikumist aatomis?

Võtame kõige lihtsama aatomi — tavalise vesiniku-aatomi. Tema keskel asub tuum, kusjuures viimane on samuti lihtsaim kõigist võimalikest tuumadest. Seda tuuma nimetatakse prootoniks; ta kannab ühte positiivset laengut ja temasse on koondatud peaaegu aatomi kogu mass. Tema mass on võrdne ligikaudu aatomiühikule ja tema laeng = +1. Selle tuuma ümber neutraalses H-aatomis liigub üks elektron; tema liikumist käsitleti esialgu kui planeedi liikumist mööda rangelt kindlat orbiiti ümber Päikese. Võtame vesinikule järgneva elemendi Mendelejevi perioodilisusesüsteemis — heeliumi. Tema tuuma laeng ei võrdu enam +1, vaid +2, ja tema kesta liiguvad kaks elektroni. Samasuguselt, ainult komplitseeritumalt kui vesinikuaatomis, tiirlevad need elektronid ümber heeliumi tuuma, kusjuures nad aga omavahel kokku ei pörka. Ja nii kuni uraanini, millega kuni 1940. aastani lõppes Mendelejevi perioodilisusesüsteem.

Selle aatomi ehituse pildi aluse moodustavad elektronide liikumisega seotud elektromagnetilised protsessid ja laetud osakeste — tuuma ja elektronide — elektrilised vastastikused tungid; jõud, mis toimivad aatomi sisemuses, ja osakeste endi loomus, osakeste mass kannavad nende kujutluste kohaselt elektromagnetilist iseloomu; nii näiteks nimetasid füüsikud liikuva elektroni massi siis «elektromagnetiliseks massiks».

Kuidas sellest seisukohast lähtudes käsitleti tol ajal aatomituuma ehitust, mille olemasolu avastati eksperimentaalselt 1911. aastal inglise füüsiku Rutherfordi poolt?

Vaatleme heeliumi tuuma, mida veel teisiti nimetatakse alfaosakeseks. Ta omab massi, mis võrdub ligikaudu 4-ga, laeng võrdub +2-ga. Millest ta siis koosneb? XX sajandi esimesel veerandil valitsenud kujutluste järgi koosneb ta ainult elektriliselt laetud osakestest, nagu seda nõuab maailma elektromagnetiline pilt. Füüsikud arvasid siis, et heeliumi tuum koosneb neljast proo-

tonist, s. o. neljast vesinikuaatomi tuumast. Kuid, nagu juba öeldud, kannab prooton, mille mass võrdub ligikaudu 1-ga, laengut +1. Sellepärast, kuigi neli prootonit annavad massi 4, nagu heeliumi tuumal, on üldlaeng nendel +4, sel ajal kui heeliumi laeng võrdub ainult +2-ga. Selleks, et seletada ainult kahe laengu olemasolu heeliumi tuumas, on vaja oletada, et heeliumi tuumas esinevad veel kaks elektroni; iga elektron on laetud negatiivse elektriga ja kannab laengut -1; seetõttu kaks elektroni oma laengutega neutraliseerivad kahe prootoni laengud. Niisiis, ilmnes, et heeliumiaatomi tuum koosneb neljast prootonist ja kahest elektronist; see nagu vastas tegelikkusele, sest tuuma mass sel juhul = 4-ga ja tema laeng = +2-ga. Kuid kas võis oletada, et heeliumiaatomi tuumas on neli prootonit ja et vahetus läheduses nendega mahuvad ära kaks elektroni? Kas võib arvata, et tuuma sisemuses toimivad ainuüksi elektrilised jõud, needsamad jõud, mis toimivad tuuma ja ümber tuuma tiirlevate elektronide vahel? 1932. aastal selgus, et selline aatomi tuuma ehituse mudel oli ekslik. Veel rohkem, ilmnes, et maailma elektromagnetilisel pildil endal on tõsiseid puudusi ja ta peab alluma samasugusele murrangule, millise XIX—XX sajandi vahetusel elas üle maailma endine mehaaniline pilt. Et see oleks arusaadav, on tarvis vaadelda veel ühte väga suurt ja põhimõtteliselt tähtsat avastust, mis tehti füüsikas XIX—XX sajandi vahetusel.

Aine ja valguse mõistete vahelise eraldatuse likvideerimise algus.

Selsamal momendil, mil oli loomisel ja väljatöötamisel maailma elektromagnetiline pilt, s. o. uusima revolutsiooni algul loodusteaduses, tehti suuri avastusi optika valdkonnas (s. o. valguseõpetuses). Nende avastuste filosoofilist tähtsust ei hinnatud kohe füüsikute poolt vajalikul määral, kuid nendes avastustes põhiliselt sisaldus XX sajandi füüsika edasise arengu idu, nagu seda võib öelda niisuguste avastuste kohta, nagu elektron ja radioaktiivsus; jutt on, esiteks, P. N. Lebedevi poolt valgusrõhu avastamisest ja mõõtmisest ja, teiseks, Max Plancki poolt kvantideteooria loomisest. Mõlemad avastused olid tehtud üheaegselt ja sõltumatult teineteisest aastail 1899—1900. Lebedev oli veendunud materialist; ta otsis füüsikalistes avastustes kinnitust üldistele materialistlikele vaadetele

maailma suhtes. Varem, kuni XIX sajandi lõpuni, eraldati ainet ja valgust teineteisest niisuguse tunnuse järgi, et aine omab massi, ja et valgus — see on puhas liikumine, puhas energia ja seetõttu ta massi ei oma. Ülesanne seisis kõigepealt selles, et kõrvaldada see järsk eraldatus, tuua esile ja füüsikaliselt tõestada valguse materiaalsust mitte ainult mateeria liikumise kindla (nimelt — kiirgava) vormina, vaid ka mateeria enda teatud *liigina*. Lebedev seadis endale ülesandeks tõestada eksperimentaalselt valguse materiaalsust. Ta püüdis leida ja mõõta niisugust valguse materiaalsust, nagu seda on tema rõhk. Rõhu, järelikult aga ka massi avastamine valgusel — tähendas vahetult eksperimentaalsel teel valguse materiaalsuse tõestamist, igasuguse kahtluse kõrvaldamist, et valgus on materiaalne.

Kuidas lahendas Lebedev selle ülesande? Ta lahendas ülesande äärmiselt selgelt ja lihtsalt (tema poolt teostatud eksperimendi kavatsuse seisukohalt). Kui valgus peaks avaldama rõhku — see aga teoreetiliselt järeldus Maxwelli elektromagnetilisest valgusetestooriast, siis valgus peaks toimima tema poolt rõhuvale kehale analoogiliselt sellega, nagu näiteks õhk toimib tema poolt rõhutavaile kehadele. Õhu materiaalsus tuleb kergesti esile õhu liikumisel, kui puhub tuul; praktiliselt kasutas inimene ammust ajast seda liikumist, ehitades tuuleveskeid.

Arutleme niiviisi: kui valgus omab rõhku, järelikult ka massi, siis peab ta toimima põhimõtteliselt samuti kui õhk, mis paneb liikuma tuuleveski tiivad. Lebedev teostas järgmise eksperimendi: õhuvabas pimedas ruumis peenele vardale on peale pandud väga kerge liikuv konstruktsioon labadega, midagi «valguseveskikese» taolist; seejärel juhitakse läbi aknakese (valguse läbilaskmiseks) ühele tema labadest tugev valgusejuga. Kui valgus avaldab rõhku (ja mida kergem on terve see konstruktsioon, seda kergem on valguse rõhu avastamine), siis meie veskike hakkab liikuma. Selgus, et veskike hakkas pöörlema; tähendab, valgus avaldab tõepoolest rõhku. Arvestused näitasid hiljem, et võib päris täpselt kindlaks määrata valguse massi suurust. Sealjuures osutus valguse mass oma suuruselt samasuguseks, nagu see järeldus energia jäävuse seadust ja massi jäävuse seadust ühendavast üldisest võrrandist ($E = mc^2$). Niisuguse arvestuse teostas võrdlemisi hiljuti Lebedevi õpilane S. I. Vavilov.

Puhteksperimentaalsest ja esimesel pilgul eriti spetsiaalsest avastusest, mille tegi Lebedev optika valdkonnas, tulenesid tähtsad füüsikalised-teoreetilised ja üldfilosoofilised järeldused, mis lükkasid ümber metafüüsikat ja idealismi. Lebedevi avastus aitas kaasa dialektilis-materialistliku vaate kindlustamisele füüsikaliste protsesside kohta. Milles see väljendus?

Esiteks, vahetult leidis kinnitust maailma materiaalsuse tees, osutus õigeaks selle tunnustamine, et füüsikalised protsessid, sealhulgas ka valgusprotsessid, kujutavad endast materiaalseid protsesse, see tähendab, et leidis kinnitust filosoofilise materialismi üks põhiteese. Teiseks, algas endise kunstliku, metafüüsilise valguse ja aine vahelise eraldatuse likvideerimine; see eraldatus, nagu me nägime, seisas selles, et valgusele omistati niisugused tunnused, mis olid ainele absoluutselt võimatud, ja vastupidi; näiteks, massi omadust käsitleti ainult kui aine, mitte aga kui valguse omadust. Nüüd aga tuli ilmsiks üldine siduv lüli füüsikaliste protsesside varem absoluutselt eraldatud alade vahel, sest massi tunnus osutus omaseks mitte ainult ainele, vaid ka valgusele. See kinnitas otseselt dialektika üht põhiteesi järsu eraldatuse, absoluutsete piiride puudumisest looduses. Koos sellega ilmnes siin täie selgusega, et maailma ühtsus seisab tõepoolest tema materiaalsuses: valguse materiaalsuse avastamine viis otse järeldusele tema ühtsusest ainega kui mateeria teise füüsikalise liigiga. Niisiis kinnitas Lebedevi avastus sisuliselt dialektilis-materialistlikku vaadet loodusele, maailmale.

Kui aga aine ja valguse vahel on olemas ühtsus, siis seda ei saa mingil juhul käsitleda nende identsusena, s. o. nii, et valgus oleks aine. Tõepoolest, mass kui valguse omadus, mis ilmneb niisuguses nähtuses nagu valgusrõhk, on kvalitatiivselt erinev massist kui aine omadusest, misugune mass ilmneb tavalise makrokeha mehaanilises rõhus. Kvantitatiivselt võib valguse massi võrrutada, vastavalt võrrandile $E = mc^2$, aine massile, kuid kvalitatiivselt erinevad mõlemad massid teineteisest.

Valgus omab massi, kuid see mass ei oma mehaanilist loomust ega kujuta endast «paigaloleku massi». 50 aastat tagasi füüsikud rääkisid, et niisugune mass kannab elektromagnetilist iseloomu, et oma loomult on ta samasugune kui liikuva elektroni mass. Niisugust massi (erinevalt «paigaloleku massist») oleks võinud nimetada «liikumise mas-

siks». Valguse puhul, erinevalt teistest füüsikalistest kehadest, on kaasaegse füüsika andmeil iseloomulik «paigaloleku massi» puudumine, s. o. valguse puhul võrdub «paigaloleku mass» 0-ga. Sellega me väljendame kohe valguse kvalitatiivset spetsiifilisust, kuivõrd kõik talle omane mass — on «liikumise mass». See tähendab, et valgus ei eksisteeri paigalolekus, et ei saa kujutada endale ette valgust suhtelises paigalolekus, nagu seda võib olla mingi mehaaniline kuulike, mis esialgu veeres ja siis pörkas vastu seina ning peatus. Kui valgust «peatada», asetades tema teele absoluutselt musta keha, siis neelab see keha valgust ja valgusega toimub kvalitatiivne muundumine, ta siirdub liikuva materiaalse teise vormi, näiteks soojuse vormi.

Niisiis eksisteerib valgus ainult liikumises, mis toimub kiirusega c . Sellega leiab vahetult kinnitust dialektilise materialismi juba mainitud põhitees, et materiaalse eksisteerib ainult liikumises, et maailm on liikuv materiaalne. Ühtlasi tuli siin ilmsiks valguse kvalitatiivne spetsiifika, mis on käesoleval ajal tunnustatud selliste mõistete, nagu valguse mõiste ja aine mõiste, vahetegemise alusena. Aine — see on materiaalse niisugused liigid, mis omavad paigaloleku massi. Valgus (või laiemalt — väljad) — see on niisugused materiaalsed moodustised, mis ei oma paigaloleku massi.

Nagu juba öeldud, sisaldus Lebedevi avastuses füüsika edasise progressi idu, füüsika poolt materialistliku dialektika edasine kinnitamine. Tõepoolest, selle avastuse tulemusena osutus, et mass on nii aine kui ka valguse üldiseks omaduseks, nii ühel kui ka teisel on olemas omad kvalitatiivsed erinevused, omad kvalitatiivsed iseärasused, kuid üldise omadusena on mass omane nii ainele kui ka valgusele; sellest järeldus, et ei eksisteeri mingit absoluutset eraldatust aine ja valguse vahel. Kui see aga nii on, siis tekib küsimus: kas on lubatav ja õigustatav absoluutne eraldatus, millist rakendati varem nende mõlemate materiaalse moodustiste ehituse suhtes? Kas ei oleks õigem arvata, kui olla järjekindel, et ka see eraldatus peab aja jooksul likvideeruma. Varem käsitleti valgust ainult lainelisena, pidevalt toimuva protsessina, ja ainet, vastupidi, käsitleti ainult kui midagi diskreetset, katkelist. Kui ilmnis, et absoluutset piiri aine ja valguse vahel ei ole selles mõttes, et neil mõlemal on massi omadus, siis

ka nende füüsikalise ehituse kohta ei oleks tohtinud oletada mingit absoluutset eraldatust ja mateeria ühe füüsikalise liigi vastandamist tema teisele füüsikalisele liigile. Nii see ka toimus tegelikult.

Juba XIX sajandi lõpuks kujunes olukord niisuguseks, et püüti avastada valgusel ka tema diskreetne iseloom, mida varem omistati ainult ainele. Järsu piiri puudumine mateeria nende kahe liigi vahel oleks pidanud ilmneka ka selles, et valgus peaks omama ka neid tunnuseid, omadusi ja ehitust, milliseid endiste kujutuste kohaselt olevat omanud ainult aine. Ümberpöörduvalt, ainet vaadeldi varem ainult kui midagi katkelist ja diskreetset; kui aga ei ole absoluutset piiri aine ja valguse vahel, kui, olles võrdsel määral materiaalsed moodustised, nad on ühtsed, siis oleks ka võinud loota, et tunnused, milliseid varem omistati ainult valgusele — tema laineline iseloom —, peaksid aja jooksul ilmneka ka ainel. Lühidalt öeldes, jutt oli selles, et endisele vastandite katkevuse ja pidevuse, korpuskuli ja laine eraldatuse asemele peaks tulema nende reaalselt eksisteeriv ühtsus kui vastandite ühtsus. Niisiis seisis esimene järeldus, millele viis füüsika arenemine, selle tunnustamises, et mateeria ehituse aluseks peab olema mateeria mõlemate füüsikaliste liikide — aine ja valguse — omaduste ühtsus, nende ehituse — lainelise ja korpuskulaarse — ühtsus, et endine, metafüüsiline idee, nagu ühed materiaalsed moodustised oleksid ainult katkevad, teised ainult pidevad, on väär. See metafüüsiline idee tuli kõrvale heita ja asendada uuega, oma sisult dialektilise ideega, et iga materiaalne moodustis, olgu too valgus või aine, kujutab vastuoluliste külgede ühtsust, vastastikust sidet, mateeria vastuolulisi avaldusi. Igasugune materiaalne moodustis peab endast kujutama katkevuse ja pidevuse ühtsust ja vastastikust seost.

Kuid ei Lebedev ise, veel vähem teised tema kaasaegsed füüsikud, niisugust järeldust XX sajandi algul ei teinud; seda tehti hiljem, uute faktide survel, milledest tuleb juttu edaspidi.

Teine järeldus, millele perspektiivis viisid füüsika avastused XX sajandi alguses, oli veel sügavam; ta seisis selle tunnustamises, et sisemist seost aine ja valguse vahel võib ära seletada mateeria ühe liigi võimega vastastikku muunduda teiseks liigiks: aine võib muunduda valguseks ja valgus — aineks, sest teisiti ei ole võimalik seletada

orgaanilise seose olemasolu materia nende füüsikaliste liikide vahel.

See teine, sügavam järeldus, millele viisid füüsikalised avastused, oli ka otseselt seotud selle esiletoomisega, et valguse ja aine vahel ei ole absoluutset piiri. Kui ei ole piiri, vaid on nende vahel side, siis juba see side ise eeldab materia mõlema liigi võimet muunduda teineteiseks, üle minna teineteiseks.

Niisiis, tänu Lebedevi avastustele algas ühele või teisele materialiiigile omistatud mitmesuguste omaduste, tunnuste, ehitustüüpide monopoolse, erandliku iseloomu likvideerimine.

Vaatame, kuidas XX sajandi füüsika arenemise käigus toimus tegelikult aine ja valguse vahelise endise metafüüsilise eraldatuse likvideerimine ja kuidas ta toimub käesoleval ajal.

Füüsikaliste protsesside kvant-mehaanilise pildi loomine.

Esimene, mis tehti kindlaks üheaegselt Lebedevi avastusega, oli valguse katkev, diskreetne iseloom kõrvuti tema lainelise iseloomuga.

XX sajandi algul oli see väga tähtis teaduslik avastus veidi isoleeritud; hiljem etendas ta suurt osa kaasaegses füüsikas, temaga on seotud selle avastamine, et energial on katkev iseloom, et valgus on diskreetne, et valgus kujutab endast mitte ainult lainekujulist protsessi, nagu seda füüsikud varem arvasid, vaid et ühtaegu valguse lainetega eksisteerivad ka valguse osakesed. Neid nimetati valguskvantideks või fotoniteks, s. o. valgusosakesteks (sõnast «fotos» — valgus).

See avastus näitas, et valgus kujutab seesmiselt vastuolulist nähtust: valgus levib kui laine, ilmutades sealjuures oma lainelist iseloomu. Siit pärinevad valguse interfereentsi ja difraktsiooni nähtused. Kui aga valgus kiirgub või absorbeerub, siis ei toimu need protsessid pideva joana, vaid katkendlike annustena, kvantidena; vastavalt sellele töötab ka aatom omamoodi aparaadina, mis ainult üksikute osakestena ja mitte tiheda joana valgust välja heidab või absorbeerub. Selle tulemusel tekkis vastuolu, mida metafüüsiliselt mõtlevad teadlased ei suutnud ei seletada ega ületada, sest neile jäid katkevus ja pide-

vus, laine ja osakene endiselt kaheks teineteist kõrvaldavaks vastandiks. Füüsika aga vaatamata metafüüsikale tõestas, et valgus on nii katkev kui ka pidev: ühtedes tingimustes avaldab ta oma vastuolulise loomuse üht külge — pidevust, lainelist iseloomu, teistes tingimustes — oma loomuse teist külge, katkevust ning diskreetust. Kuid seda probleemi ei suutnud füüsikud kaua aega lahendada, sealhulgas ei suutnud teda lahendada ka Planck ise.

Hiljem, meie sajandi 20-ndatel aastatel, ilmnes, et elektron, s. o. aine osakene, ei ole lihtne kuulike. Vana kujutus sellest, et makro- ja mikroprotsesside valdkondade vahel ei ole kvalitatiivset vahet, et mikromaailm, aatomite maailm, on päikesesüsteemi miniatuurväljaanne, — see kujutus lükati ümber nii teoreetiliselt kui ka eksperimentaalselt sellega, et elektronidel avastati laine omadused. Kui kvantideteooria tõestas valguse katkevust, see tähendab, et valgus ei ole ainult lainekujuline, vaid ka katkev, siis nüüd dialektikat tõestati ka teisest küljest: selles mõttes, et aine ei ole üksnes diskreetne, vaid ka pidev oma avaldustes, et ta omab samuti ka lainelist iseloomu kõrvuti korpuskulaarse, atomistliku iseloomuga.

Seega ilmnes, et elektron on keerukas, vastuoluline moodustis, milles korpuskulaaromadused, s. o. tema kui osakese omadused, on seesmiselt seotud tema äsjaavastatud lainelise loomusega.

Elektronidel avastati sellised nähtused, mis varem näisid olevat omased ainult valgusele, näiteks, elektronide kui eriliste lainete difraktsioon ja interferents. Kui elektronidekimp kohtab oma teel kitsast pilu, siis viimast läbides kaldub ta spetsiifiliselt kõrvale pilu äärtest, täpselt nii, nagu seda teevad igasugused lained kitsa pilu läbimisel. Avastati elektronide interferents, s. o. «elektronlainete» ühtimine. Nagu see alati esineb, tarvitseb teadusel ainult uut nähtust esile tuua ja vastav looduseadus avastada, kui tehnika juba peatselt vallutab selle tunnetatud seaduse, kasutades teda inimese praktilistes huvides. Tõepoolest, füüsikute poolt esile toodud elektroni vastuoluline, dialektiline loomus oli juba peatselt praktiliselt ära kasutatud ja pandud niinimetatud elektronmikroskoobi aluseks.

Engels kirjutas möödunud sajandi 70-ndatel aastatel, et kui tavaliste valguslainete interferents ei ole muinasjutt, siis me iialgi ei näe molekuli. Engelsil oli õigus, kuna

elektronlaineid tema ajal ei tuntud. Võimatus näha üksikut molekuli tavalise mikroskoobi abil on seletatav sellega, et molekulide diameeter on tavalise (nähtava) valguse laine pikkusest tunduvalt väiksem (või vähemalt samasuurune). Sellepärast ei ole valguslainete abil võimalik nähtavaks teha niisuguseid väikesi kehi, nagu molekulid. Elektronlainete pikkus on palju kordi väiksem, võrreldes valguslainete pikkusega. Seetõttu võib «elektronvalguse» abil «näha» niisuguseid pisiosakesi, mis ei ole nähtavad tavalise mikroskoobi kasutamisel. Elektronlainetes võib avastada isegi üksikuid suuri molekule. On olemas elektronmikroskoobi abil tehtud ülesvõtteid, millel võib näiteks näha süsiniku (tahma) suurt molekuli.

Elektronoptika loomisega oli praktiliselt rakendatud aine ja tema osakeste (antud juhul elektronide) lainelist iseloomu tõestava «elektronvalguse» avastamine; aine ja tema osakeste lainelist iseloomu varem eitati, kuid viimase olemasolu ainel tõi esile ja kinnitas mikroprotsesside dialektikat ja mikroobjektide ning nende ehituse dialektilist iseloomu.

Elektronide vastuolulise loomuse avastamisest tehti järeldus, et elektronid liiguvad ümber tuuma mitte kui planeedid ümber Päikese, s. o. mitte mööda mingeid lõplikult nende jaoks kinnistatud orbiite, vaid pigem nad liiguvad nii, nagu liigub pilv, sest elektronide lainelised omadused ei võimalda kujutleda neid kuulikestena, täppidena. Elektronide liikumise protsess on vanast kuulikeste liikumise kujutlusest võrratult keerulisem; elektronide liikumine ei allu tavalise mehaanika seadustele, vaid allub kvant-mehaanika poolt uuritavatele materiaalsete osakeste lainelise liikumise eri seadustele. Kvant-mehaanika — see on mikroosakeste, s. t. niisuguste materia osakeste, millel on mitte üksnes korpuskulaarne, vaid ka laineline loomus, liikumise seadusi uuriv teadus. Sellepärast nimetatakse teda ka teisiti — lainemehaanikaks. Ta tekkis aastail 1924—1927; nendel aastatel rajati selle uue mehaanika — kvant-mehaanika alused. Kooskõlas kvant-mehaanikaga hakkas aatomiga või aatomi sise-muses toimuvate füüsikaliste protsesside pilt omandama kvant-mehaanilist iseloomu. Aatomilisi protsesse hakati seletama lähtudes ülalmainitud vastuolulist loomust oma-vaist mikroosakeste liikumise seadustest. Mikroprotsesside vana, veel säilinud mehaaniline pilt sai veel sügavama

murrangu osaliseks kui XIX sajandi lõpul. Tõepoolest, vahetult pärast XIX sajandi lõppu füüsikas tehtud avastusi säilis veel idee mehaanilisest põhjuslikkusest: ta oli edasi aluseks uutele, tol ajal tekkinud kujutlustele aatomi ehitusest, millede järgi mikroehad (elektronid) kujutavad endast kuulikesi või täppe. Nüüd aga, mikroprotsesse puudutavas osas, hakkas see pilt juba oma aluses kokku varisema.

Idealistid tegid sellest järelduse: kui vana kujutlus mehaanilisest põhjuslikkusest osutus paikapidamatuks mikroprotsesside suhtes, siis järelikult võib eitada iga-sugust põhjuslikkust; sel «alusel» hakkasid nad propageerima indeterminismi ja isegi tahte vabadust elektronil. Kõik see oli püüde tulemuseks välja tõrjuda materialism füüsikast, «ümber lükata» materialism, mis leidis just kinnitust uute füüsikaliste avastustega, ja asendada ta idealismiga.

Kui füüsikasse tunginud idealism XX sajandi algul tegi katseid õõnestada materialistlikku vaadet maailmale mateeria ja liikumise kui mateeria eksisteerimisvormi tunnustamises, siis nüüd ta juba ei piirdunud sellega, vaid püüdis relatiivsusteooriat ja eriti kvant-mehaanikat ära kasutada selleks, et mitte üksnes eitada mateeriat, mitte ainult lahutada temast liikumist, nagu seda teevad kaas-aegsed energeetikud, vaid ka eitada näiliselt uusimate füüsikaliste teooriate alusel ruumi ja aja objektiivsust, eitada mikroprotsesside põhjuslikkust ja seaduspärasust. Seoses sellega levis Bohri poolt esitatud ja Heisenbergi poolt toetatud idealistlik ning ühtlasi metafüüsiline täiendatavusprintsiiip. Vastavalt sellele printsiiibile peaks reaalselt eksisteerivat vastandite ühtsust, näiteks laineliste ja korpuskulaarsete omaduste ühtsust elektronidel, asendada kahe otse vastandliku äärmuse eklektilise ühendusega.

Selleks pannakse ette luua alguses kaks vaadet: 1) metafüüsiline, ühekülgne vaade, nagu omaksid mikroobjektid ainult lainelisi omadusi ja 2) samavõrd metafüüsiline, ühekülgne vaade samadele objektidele, nagu oleksid neil ainult korpuskulaarsed omadused. Mikroobjektide tõeline loomus, vastavalt täiendatavusprintsiiibile, peaks nagu avanema mikroprotsesside ühe metafüüsilise pildi liitmisel («täiendusel») teisega, esimesele diametraalselt vastupidisega. Kuid, mõistagi, niisuguse liitmise tulemusena ei saada tegelikult hoopiski mikroprotsesside tõelist

pilti, vaid saadakse kahekordselt ebaõige, kahekordselt moonutatud pilt. Analoogiliselt sellele ei saa ette kujutada dialektilist vaadet arenemisele kahe otse vastandliku metafüüsilise, ühekülgsete kontseptsioonide eklektilise ühendusena: 1) ainult plahvatusi tunnustavat ja igasugust järkjärgulist arengut eitavat Cuvier' katastrofismi ja 2) ainult järkjärgulist kvantitatiivset muutust (kasv või vähenemine) tunnustavat ja täiesti hüppeid eitavat lame-dat evolutsionismi.

Täiendatusprintsiiibi puhul leiab peale metafüüsika aset katse selle printsiiibi abiga sisse poetada idealistlikku vaadet mikroprotsessidele. Nii näiteks väidab Heisenberg, et vastavalt sellele printsiiibile on vaja ühelt poolt anda mikroprotsesside kirjeldus kui niisuguste protsesside, mis toimuvad küll ruumis ja ajas, kuid toimuvad täiesti põhjusetult, indetermineeritult, ja teiselt poolt, anda neile põhjuslik, kuid see-eest väljaspool aega ja ruumi viibimise kirjeldus. Peale selle on mikroprotsesside üht idealistlikku pilti vaja, Heisenbergi järgi, täiendada teise, niisama idealistliku pildiga. Selle tulemusena saadakse tegelikkuse idealistlik moonutamine ruudus. On arusaadav, et kvant-mehaanika kui tõeliselt teadusliku teooria tegelikul sisul ei ole midagi ühist nende tema idealistlike moonutamistega, millega tegelevad Bohr, Heisenberg, Jordan ja teised «füüsikalised» idealistid. Kvant-mehaanika peegeldab reaalsete mikroprotsesside objektiivseid seadusi, peegeldab nende omapära, nende spetsiifikat ja kujutab endast väga tähtsat astet materia ehituse tunnetamises.

Materia ehituse kvant-mehaanilisel pildil XX sajandi 20-ndate aastate lõpul ja 30-ndate aastate algul oli tegelikult domineeriv seisund füüsikas.

Füüsikaliste protsesside uusima, tuumasisese pildi tekkimine.

Kvant-mehaaniliste kujutluste loomise ja kindlustumise järel ning osaliselt üheaegselt sellega tehti avastused, mis tõestasid materia ehituse alaga seotud füüsikaliste nähtuste veel sügavamat dialektikat. Kvant-mehaanika näitas, et materia kõik füüsikalised mikroosakesed, nii valguse «osakesed» (footonid) kui ka aine osakesed (elektronid ja teised), alluvad üldistele kvant-mehaanilistele seadustele; nii ühed kui teised on oma seesmiselt loo-

muselt katkevad ja pidevad, lainelised ja korpuskulaarsed, kujutavad endast diskreetseid ja terviklikke moodustusi. See puudutas vaateid materia ehituse kohta. Kuid aine ja valguse omaduste ja ehituse ühtsuse tunnustamine viis järeldusele, et ainel ja valgusel on võime üksteiseks muunduda.

Niisugune dialektiliste ideede sügavam tungimine füüsikasse on seotud uue — tuumasise — füüsikaliste protsesside pildi loomisega. Vaatleme mõningaid selliseid avastusi, millised aitavad mõista mõnda aatomi- ja vesinikupommides toimuvate füüsikaliste protsessidega tutvumisel tekkivat küsimust.

Jutt on kõigepealt aine valguseks ja valguse aineks vastastikusest muundumisest. Selliste muundumiste hulka kuulub füüsikas «massi defekti» nime all tuntud nähtus, mis moodustab aatomi- või täpsemalt tuumasise energia eraldamise aluse tuumaprotsessidel.

Tuumareaktsioonidel muunduvad ühed aatomituumad teisteks tuumadeks. Sealjuures eraldub tavaliselt tohutu energia. Kust see energia tekib? Mis arvel, ütleme, uraani- või mingisuguse teise aatomipommi plahvatuse momendil eraldub «aatomi»-energia?

Kui me teostame vastavat teoreetilist arvestust, siis leiame, et pärast aine «tuuma kütuse» plahvatust, näiteks uraani plahvatust, väheneb aine üldhulk; oletame, et ta väheneb 0,5% võrra. Kui algul oli 1 kilogramm uraani, siis pärast plahvatust jääb järele kõigest 995 grammi ainet — uraani ja tema lagunemiseprodukte; 5 grammi (või 0,5%) on kuhugi kadunud, kusjuures mitte sellepärast, et neid on raske leida, vaid ka teoreetiliselt ja praktiliselt on nad kadunud, lakkasid olemast kui 5 grammi ainet, kuid see-eest eraldus vastav hulk tuumasise («aatomi»)-energiat; seda energiat võib kergesti välja arvutada, kasutades võrrandit $E = mc^2$. Korrutades 5 grammi koefitsiendiga c^2 , mis võrdub arvuliselt valguse kiirusega ruudus, saamegi tolle aatomipommi plahvatuse momendil eraldunud tohutu energia hulga.

Idealistid tegid sellest endale kasuliku järelduse: nad ütlesid, et aine ja materia on üks ja seesama, tähendab, aatomi plahvatuse ajal materia kadus ja muundus energiaks. Järelikult toimub siis materia purustamine, materia kadumine, materia muundumine energiaks. Siit järeldub idealistide ja energeetikute arvates, nagu oleks maa-

ilma aluseks puhas energia. See on vana energeetiline laul, teisendatud uuele viisile.

Kaasaegsed «füüsikalised» idealistid püüavad tõestada, nagu oleks filosoofilise materialismi põhimõiste — mõiste materiaalsusest — paikapidamatu, et talle ei saa toetuda teoreetilistes uurimistes. Idealistid peavad tõestatuks, et materiaalsus kaob, laguneb, läheb üle energiaks. Nad teevad järelduse, et filosoofiline materialism variseb kokku koos tolle tõestusega, et aatomenergia eraldub aine kadumise arvel. Üks sellistest «aatomifilosoofidest» ütleb, et materialistliku sajandi fenomen «on Hirosima ja Bikini» (kus ameerika militarism heitis alla aatompommid) «kõue-mürina saatel saanud oma lõpu».

Muidugi, kõik need on lausa trikid, lausa mõistete enese kasuks moonutamine «aatomi»-filosoofide-idealistide vajalike gnoseoloogiliste järelduste saamiseks.

Mis siis tegelikult toimub aatompommi plahvatuse ajal? Uraan, muundudes oma jagunemisproduktideks — baariumiks ja teisteks elementideks, eraldab «aatomi»-energiat.

Oletame lihtsuse mõttes, et lõppkokkuvõttes kogu «aatomi»-energia eraldub kiirgava energiana, valguse-energiana. Plahvatusmomendini sisaldus see valguse-energiana eraldunud energia uraani tuumas kui tema varjatud, tuumasisene energia.

Märgime uraani algmassi tähega m ja pärast uraani plahvatust tekkinud ainete massi — m_1 . Tuumade massi vähenemist tuumareaktsiooni tagajärjel nimetatakse «massi defektiks» (Δm). Diferents m ja m_1 vahel ongi massi defekt $\Delta m = m - m_1$.

Kuid teatavasti on valgusel mitte üksnes energiat, vaid ka massi, kuivõrd ta avaldab rõhku. Järelikult ei kao uraani jagunemisel aine mass; ta säilib kvantitatiivselt, kuid temaga toimub kvalitatiivne muundumine vastavalt sellele, et aine muundus kvalitatiivselt liikuva materiaalseks vormiks (valguseks). Varem oli see mass (Δm) aine (uraani) paigaloleku massiks; nüüd aga muundus ta valguse liikumise massiks. Järelejäänud aine massi (m_1) ja eraldunud valguse massi (Δm) summa jäi muutmatuks, võrdseks alg-uraani algmassile (m), kuid toimus ta kvalitatiivne muundumine, kuivõrd osa ainest muundus valguseks. Lühemalt öeldes: aine muundub valguseks, säilitades kvantitatiivselt summaarse massi, kuid muutes kvalitatiivselt liikuva materiaalse enda vormi. See füüsika-

line nähtus, mida idealistid püüdsid ära kasutada näilise tõestusena materialismi paikapidamatusest, on tegelikult hiilgavaks kinnituseks sellele, et materia objektiivselt eksisteerib, et üks liikuva materia liik muundub teiseks liigiks, kusjuures säilib materia vastastikuselt toimivate ja vastastikuselt muunduvate liikide summaarne mass ja summaarne energia.

Mitte mingit materialismi «lagunemist» ega ka materialismi vähimatki õõnestamist siin ei esine. Materia ühe liigi muundumist teiseks liigiks võivad idealistid seletada materia kadumisena ainult sellepärast, et materia kahest füüsikalisest liigist ühte (ainet) nimetasid nad mateeriaks, kuna teist tema liiki (valgust) nimetasid nad puhtaks liikumiseks või energiaks; siis saadakse sõnades hõlpsasti see, nagu oleks aine muundumist valguseks võimalik kujutada materia näiliku muundumisena liikumiseks (energiaks). Tegelikult aga valgus ei kujuta muidugi endast puhast liikumist (või puhast energiat), sest, nagu juba ülalpool öeldud, valgus ei ole üksnes liikumine, vaid ka materia, sellepärast on valgusel energiat ja massi. Valgus on liikuva materia eriline füüsikaline liik.

Lõppkokkuvõttes järeldus juba selliste materia liikide, nagu aine ja valgus, vastastikuse seose avastamisest nende vastastikuse muundumise tunnustamine. Tuuma-protsessid, massi defekti olemasolu, aine massi ja energia vähenemine valguse massi ja energia tekkimise arvel, kõik see just tõestabki materia mitmesuguste liikide vastastikust muundumist.

On olemas niisuguste materia mitmesuguste füüsikaliste liikide, nagu aine ja valgus, vastastikust muundumist vahetult tõestavad katsed. Taolist liiki eksperimente teostas ka prantsuse füüsik Frédéric Joliot-Curie.

1933. aastal avastati materia uus osakene — antielektron, s. o. elektron positiivse laenguga, millele anti nimeks positron. Sellel osakesel, nagu elektronilgi, on olemas sama paigaloleku mass ja samad lainelised omadused; kui aga elektroni laeng on negatiivne, siis positroni laeng on positiivne. Positron omab huvitavaid omadusi, olles elektroni antipood. Positron koos elektroniga moodustavad paari teineteist täiendavaid osakesi; füüsikas neid nii nimetataksegi — «paariks». Joliot-Curie ja teiste füüsikute poolt teostatud katse on järgmine: tehti kindlaks, et aine elektriliste osakeste paar võib sündida footonitest (val-

guse kvantidest); ja vastupidi, liitudes kokku, läheb «paar» (elektron ja positron) üle footoniteks, valguse kvantideks.

On olemas füüsikaline aparaat, mida nimetatakse Wilsoni kaameraks. See aparaat on täidetud puhta küllastatud veeauruga. Auru ei ole näha; kuid kui sellises kaameras hakkab liikuma elektriliselt laetud osakene, siis jätab ta enda järel samasuguse jälje, millise jätab mõnikord lennuk selges taevas, näidates ära tema poolt läbitud tee. Osakese poolt jäetud jälge nimetatakse trekiks; ta koosneb elektriliselt laetud osakese küllastatud veeaurust läbimisel tekkinud väikestest veepiiskade järjestikusest reast. See jälg fikseeritaksegi fotoplaadil. Oletame nüüd, et me asetame Wilsoni kaamerasse plii või mingi teise raske elemendi tükikese. Aatomituumal on niisugusel elemendil suur positiivne laeng ning tema läheduses tekib võimas väli. Sellele tuumale suunane suurt energiat omava valguse kvandi (footoni). Sellist energiat omavad niinimetatud gamma-kiired, mida kiirgavad välja mõned radioaktiivsed ained. Footonid ei oma elektrilist laengut. Kui aga niisugune gamma-footon satub tuuma väga tugevasse välja, siis selles tuuma väljas footon allub sügavale kvalitatiiivsele muundumisele: temast tekivad kaks elektrilist osakest («paar») ja ülesvõttel ilmub hargmik. Aatomi-füüsika igas raamatus võib leida sellise hargmiku ülesvõtet. Elektroni ja positroni tekkimine valguskvandist aatomituuma väljas on «paari» sündimine, aine sündimine valgusest, kujutab endast mateeria ühe füüsikalise liigi kvalitatiiivset muundumist teiseks. Ülesvõtte otse näitab, et valgus muundub aineks. Sündinud elektron eksisteerib edasi nagu kõik teised elektronidki; koos elektroniga sündinud positron aga kohtab oma teel teisi elektrone. Mis siis juhtub positroniga, mis, olles valgusest sündinud, kohtub elektroniga? Mõlemad elektrilised osakesed (positron ja elektron) nende vastastikuse kohtumise korral liituvad, kaovad kui aine osakesed, ja lähevad taas valguseks üle, muunduvad valguskvantideks.

Võib öelda nii: gamma-kiired sünnitasid «paari» ja see «paar» omakorda sünnitas valguse. Siin ilmneb vahetult aine ja valguse vastastikune muundumine: valgus sünnitab aine osakesi, aine osakesed sünnitavad uuesti valguse.

Idealistid ei lasknud juhust mööda kasutada ka seda avastust materialismi näivaks ümberlükkamiseks. Nad

nimetasid aine osakesi mateeriaks, aga valguskvante — mitte mateeriaks, vaid puhtaks liikumiseks, puhtaks energiaks. Siit, kasutades mõistete asendamist, on kerge teha ka järgmist järeldust: aine osakeste (elektrilise «paari») sündi valgusest võib kujutada kui mateeria «sündi» millestki ebamateriaalsest, kui mateeria «loomist» ja aine osakeste järgnevat hävingut, nende taasmuundumist valguseks kui mateeria «hävingut». Filosoofia osas muretud füüsikud nimetavad kahe elektrilise osakese liitumise protsessi valguse tekkimisega «mateeria annihileerimiseks», s. o. mateeria muundumiseks eimillekski, mateeria kadumiseks. On täiesti selge, et see termin võib olla kasulik ainult idealistidele, kes püüavad kasutada igasuguseid vassinguid ja terminite ebaselgusi oma huvides.

Antud juhul me näeme, kuidas taaselustub liikumist (energiat) mateeriast eraldav ja materiat kadunuks kuulutav endine energetism.

Tegelikult aga ei saa siin muidugi olla mingisugust juttu «mateeria annihileerimisest». Toimub ainult liikuva mateeria kahe erineva liigi vastastikune kvalitatiivne muundumine teineteiseks — valguse muundumine aineks ja aine muundumine valguseks; mateeria osutub ka siin suuteliseks üle minema ühest oma vormist teise, kuid nii, et nendel muundumistel säilib kvantitatiivselt nii mateeria kui ka liikumine; see tähendab, et sellistel muundumistel säilib antud protsessist alg- ja lõpposavõtjate massi summaarne väärtus täpselt samuti, nagu säilib summaarselt ka nende energia. Kuid säilides summaarselt, kvantitatiivselt, elab mass, nagu energiagi, üle kvalitatiivse muundumise. Valguse mass (vastavalt energia) muundub aine osakeste massiks (vastavalt energiaks) ja vastupidi.

See eksperimentaalne avastus tõestab vahetult mateeria mitmesuguste liikide vastastikuste muundumiste dialektikat.

Viimane küsimus puudutab seda, kuidas kaasaegsete kujutluste alusel on ehitatud aatomituum.

Selle küsimusega on seotud tuumafüüsika poolt uuritavate protsesside tõlgendamine. Me juba nägime, kuidas varem, maailma elektromagnetilise pildi seisukohast, selektiivset heeliumi tuuma ehitust. Kuid arvestused näitasid — muide, nõukogude füüsikute poolt tehtud arvestused —, et sellises tihedas kontaktis ei saa eksisteerida vastupidised laengud; selline süsteem oleks osutunud ebastabiilseks.

Sellepärast esitati oletus, et tuuma sisemuses puuduvad elektriliselt laetud negatiivsed kerged osakesed, s. o. ei ole elektrone, et elektronid eksisteerivad ainult aatomi välisketas.

Missugust liiki osakesed kuuluvad tuuma koosseisu?

1932. aastal avastati uus osakene — neutron. Kui osakene, mida nimetatakse prootoniks, s. o. vesinikuaatomi tuum, kannab ühte positiivset laengut ja omab massi, mis võrdub ligikaudu ühe aatomiühikuga, siis neutron on sisuliselt seesama osakene, ainult tal puudub elektrilaeng, ta on elektriliselt neutraalne.

Meie nõukogude füüsikud esitasid tuuma uue mudeli, olles arvamusel, et tuum koosneb prootoneist ja neutronest. Kuidas võiks siis kujutleda heeliumi tuuma? Heeliumi mass = 4-ga, laeng = +2-ga. Siit järeldub, et heeliumi tuuma koosseisu kuuluvad neli osakest: iga osakene omab massi, mis võrdub umbes ühega, kuid nendest omavad laengu ainult kaks, ülejäänud kaks on neutraalsed. Järelikult, heeliumi tuuma koosseisu kuuluvad kaks prootonit ja kaks neutronit. Kuidas aga püsivad need osakesed tuumas? Missuguste jõududega on nad omavahel seotud? Me teame, et positiivne elektrilaeng tõmbub negatiivsele ja tõukub positiivsest. Seepärast oleks tuum pidanud lagunema, kui tema sisemuses oleksid tegutsenud ainult elektrijõud. Seevastu aga heeliumi tuuma, s. o. alfa-osakese tugevus on väga suur; sellist osakest purustada on väga raske. Järelikult on olemas mingisugused erilised ja ühtlasi väga võimsad jõud, mis liidavad osakesi tuuma sisemuses, kusjuures need jõud ei ole elektromagnetilise iseloomuga jõud. Mis liidab sel juhul tuuma osakesi ühtseks tervikuks? Missugused on need jõud? Need on erilised «tuuma»-jõud, mis tingivad ühtede osakeste vastastikust muundumist teisteks osakesteks, näiteks, neutroni muundumist prootoniks, footoni muundumist «paariks» ja «paari» vastupidist muundumist footoniteks jne.

Teatavasti muundub neutron prootoniks, eraldades ühte elektroni; see protsess toimub tunduvalt komplitseeritumalt: neutronist eraldub mitte lihtsalt elektron, vaid kas niinimetatud «meson» või siis elektron koos kerge neutraalse osakesega — «neutriinoga». Kuid lihtsuse mõttes me räägime ainult elektronist. Järelikult sünnitab neutron elektroni, muundudes sealjuures prootoniks. Neutronis endas aga ei ole senini leitud ei prootonit ega elektroni.

Niisugune elektroni sünnitamise protsess neutroni poolt toimub ka tuumas endas. Kujutleme üht tuumas sisalduvaist neutronitest. See neutron on võimeline sünnitada elektroni ja ise muunduma sealjuures prootoniks, omandades positiivse laengu. Kuid elektroni sündimine oleks toimunud naabruses mingisuguse prootoniga; prooton aga tõmbab külge negatiivset elektroni. Järelikult jõuab elektron vaevalt sündida, kui teda haarab naabruses asuv prooton. Kuid pärast elektroni haaramist kaob prootonil, neutraliseerub positiivne laeng, ja prooton muundub neutroniks. Kõigi nende muundumiste tulemusena muundub neutron prootoniks ja prooton neutroniks. Niisugune aatomituuma sisemuses toimuv tuumaosakeste vastastikune muundumine tingib nende vastastikuse seose, nende püsiva omavahelise liitumise.

On ilmne, et erinevalt endistest kujutlustest, mille järgi maailma käsitleti koosnevana muutmatuist, liikumatuist universumi algosakestest, on vähemalt tuuma «ehituse» aluseks sellised algosakesed, millised eksisteerivad mitte kui muutmatud, vaid kui pidevalt ühest olekust (näiteks, elektriliselt positiivsest) teise olekusse (elektriliselt neutraalseks) muunduvad või vastupidi. Neutron muundub prootoniks, prooton neutroniks ja nii edasi. Sealjuures sünnivad veel kergemad osakesed — elektronid, mida sündimisel haaravad rasked osakesed, ja nad kaovad. Tuuma sisemuses moodustub kergete osakeste sündimise ja neeldumise pidev protsess, raskete osakeste ühest olekust (prootonolekust) teise olekusse (neutronolekuks) ja vastupidi muundumised. Toimub nende muundumiste pidev ringlemine, justkui sedalaadi muundumiste «katel»; niisuguste muundumiste tõttu tekib tugev side, mis tsementeerib tuumaosakesi tuumas; selline side on miljardeid kordi mehaanilisest rõngast ja miljonid korrad keemilises reaktsioonis tekkivast keemilisest sidemest tugevam. Sellepärast on ka alfa-osakese (heeliumi tuuma) püsivus võrratult suurem, võrreldes mingisuguse keemilise ühendi püsivusega.

Niisuguste kujutluste aluses endas peitub arengu dialektiline kontseptsioon, mis väidab, et ei ole midagi muutmatut, absoluutselt liikumatut, et vastastikku seotud osakeste suhteline püsivus tekib selle tõttu, et eksisteerib igavene ja lakkamatu **ühe** muundumine **teiseks**. Toimub liikuva materia liikide lakkamatu kvalitatiivne muutumine.

Materia liikide ja tema osakeste niisuguste kvalitatiivsete muutuste tunnustamine iseloomustab kaasaegsete tuuma kujutluste alust, kujutluste olemust ennast.

Sel juhul, nagu ka alati, kasutati teaduse poolt tehtud avastused, teaduse poolt leitud seadused praktiliselt ära tehnikas. Tuumaprotsessid said tuumasisese energia tehnilise kasutamise aluseks. Sealjuures leidsid kasutamist kaht liiki muutused (või tuumareaktsioonide kaks tüüpi). Muutuste üks liik — kui komplitseeritud süsteemid, komplitseeritud aatomituomad, näiteks uraani või plutooniumi tuomad, lagunevad lihtsamateks. Tuumareaktsioonide niisugune tüüp sai niinimetatud «aatomipommi» aluseks. Muutuste teine liik seisab selles, et lihtsamatest tuumadest (näiteks prootonitest, s. o. vesiniku tuumadest või ütleme lihtsuse mõttes — vesinikust) tekivad komplitseeritud tuomad. Ligemaks (perioodilisusesüsteemi järgi) vesinikule, vesinikust komplitseeritumaks elemendiks on heelium. Heelium tekib vesinikust. Niisugusele reaktsiooni tüübile on rajatud niinimetatud «vesinikupomm».

Päikesel toimub energia kiirgamise pidev protsess. Teadlased — füüsikud ja astronoomid — kaua aega ei suutnud otsustada: kust võtab Päike oma energia? Nad püüdsid seletada seda kokkutõmbumisprotsessiga: Päike kiirgab soojust ja sealjuures jahtub; kuid jahtudes tõmbub ta kokku, tõmbudes aga kokku, kuumeneb ta uuesti; niisugusel viisil aga seletada küsimust Päikese ja üldse tähe sisese energia allika kohta oli võimatu. Selle energia allikas on niivõrd suur, et Päikese lihtsal kokkutõmbumisel saadavast energiast kaugeltki ei piisa tema katteks. Küsimuse lahendamist hakati otsima keemilistes protsessides. Päikest kujutleti hiiglasuure antratsiiditükina, mis põleb ja põledes kiirgab vastavat energiat. Kuid selgus, et ka see energia oleks mitu korda väiksem energiast, mida kiirgab Päike. Siis jõuti sellele, et Päike kiirgab tuumasisest («aatom»-)energiat, mis tekib tuumaprotsesside tagajärjel ja eeskätt prootonitest (vesiniku tuumadest) heeliumi tekkimise protsessis. Neli prootonit moodustavad heeliumi tuuma pluss kaks eraldunud positroni pluss teatud hulk energiat. Kui suur on siis see energia hulk? Seda võib hõlpsasti arvutada. Vesiniku-aatom, täpsemalt — vesiniku tuum (prooton) kaalub aatomühikuis 1,008; neli prootonit omavad kaalu 4,032; heeliumi tuum aga kaalub 4,003. Järelikult on massi

defekt antud juhul $\Delta m = 4,032 - 4,003 = 0,029$, s. o. veidi vähem kui 1%. See aine massi osa läheb üle valguse massiks ja kiirgub Päikeselt.

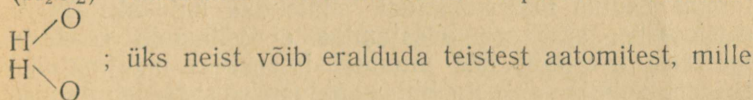
Vesinikupommis kasutatakse niisuguseid protsesse, milistel vesinikust (eksisteerivad vesiniku eriliigid, mida nimetatakse «dekteeriumiks» ja «tritiumiks») tekib heelium, läbides rea mingisuguseid vahepealseid astmeid, ja seda protsessi kiirendavate ainete, katalüsaatorite osavõtul.

Selle protsessi omandamine viis sellele, et kõrvuti aatomipommi endise tüübi loomisega, milles toimub raskete tuumade lõhenemine, loodi uued tüübid — vesinikupommid, milles energia tekib peamiselt mitte raskete elementide lagunemise arvel, mitte nende tuuma purustamise arvel, vaid komplitseeritumate tuumade sünteesi arvel lihtsamaist, nende uute tuumade tekkimise arvel.

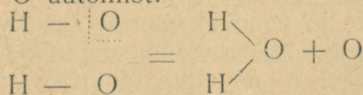
Kas eksisteerivad materia «viimased» osakesed?

Sellise küsimuse me seadsime üles materia ehitusse puutuvate kaasaegse loodusteaduse avastuste vaatlemise üsna lõpus. Et vastata sellele küsimusele ja üldse, et õigesti aru saada kaasaegsete kujutluste kogu sügavusest materia ehituse kohta, on vaja neid kõrvutada XIX sajandil ja XX sajandi algul eksisteerinud kujutlustega.

Keemikud olid arvamisel, et kui keemilise reaktsiooni käigus eraldub mingisugune uus aine, siis tema aatomid juba aegsasti valmina eksisteerisid algainete molekulides; neil aatomeil jäi ainult eralduda teistest aatomitest, millistega nad olid varem seotud. Nii näiteks vesinikülihapendi (H_2O_2) molekulis esinevad kaks hapniku O aatomit:



tagajärjel tekib vee (H_2O) molekul. Järelikult toimub juba valmis kujul eksisteerinud O aatomi eraldumine (eraldumine on näidatud punktjoonena allpool) kahest H aatomist ja teisest O aatomist:



Eraldunud O aatom tingib vesinikülihapendi desinfitseerivad omadused.

Analoogiliselt seletati hiljem ioniseerimisnähtust, s. o. materia osakeste (aatomite, molekulide või nende kildude) poolt elektrilaengute omandamist ja nende osakeste muundumist *ioonideks*. Lihtsuse mõttes vaatleme vesiniku H aatomi ioniseerimist; ta koosneb H neutraalsest aatomist tema ainukesest elektroni (e^-) eraldamisest ja H iooniks H^+ (või prootoniks) muundumises: $H = H^+ + e^-$.

Elektron eksisteeris H aatomis valmis kujul. Tal jäi ainult eralduda tuumast (H^+), millega ta oli ühendatud H keskses aatomis.

Hoopis teisiti on füüsika kaasaegsete kujutluste alusel olukord elektroni eraldumisega neutronist ja elektroni neeldumisega prootoni poolt. Siin on juttu mitte *neutroni sees valmi ja juba eksisteerinud kerge osakese eraldumisest*, vaid tema uuestisünnist, kuid, mõistagi, mitte eimillegi, vaid neutroni massi ja energia arvel. Seepärast on neutroni mass prootoni massist veidi suurem. Täpselt samuti ei vii elektroni neeldumine prootoni poolt prootonist ja elektronist koosneva liitsüsteemi tekkimisele, vaid viib nende osakeste *ühteliitumisele*, viib nende vastastiku-*sele hävimisele*, nende muundumisele elektrineutraalseks osakeseks (neutroniks), mille sisemuses kaasaegsete füüsika kujutluste järgi ei ole ei prootonit ega elektroni. Nii-isiis, erinevalt keemiast ja isegi kvant-mehaanikast, on tuumafüüsikal tegemist niisuguste protsessidega, kus toimub materia osakeste *sündimine ja hävimine*, täpsemalt öeldes, nende niivõrd sügav, niivõrd põhjalik *muundumine*, kusjuures *ühtedest* osakestest tekivad varem siin valmis kujul mitte eksisteerinud ja uuesti ilmunud *teised* osakesed. Selliste materia sügavate muundumiste avastamine osutus materialistliku dialektika kujukaks illustratsiooniks, sest see avastamine ei võimalda seletada materia kvalitatiivseid muutusi iseenesest muutmatuiks jäävate valmis osakeste lihtsa ühinemise või lahutamise tulemusena. Suurepäraselt tõendatakse sellega üht dialektika teesidest, mida V. I. Lenin oma «Filosoofilistes vihikutes» Anaxagorase vaadete puhul üles kirjutas: «... ühed mõistavad muundumist kvalitatiivselt kindlaksmääratud väikeste osakeste ja nende kasvu (respective vähenemise) lühinemise ja lahutamisel olemasolu mõttes. Teine mõistmine (Herakleitos) — *ühe muundumine teiseks*»¹.

¹ V. I. Lenin, Filosoofilised vihikud. Gospolitizdat, 1947, lk. 251 (v. k.).

Tuuma muundumiste dialektika, mida on avastanud kaasaegne füüsika kogu tema omapäras, kajastub mõistes «elementaariosakesed», milline mõiste etendab suurt osa kaasaegsetes füüsikalistes vaadetes maailma ehituse kohta. Selle mõistega on seotud vastus, mida annab kaasaegne füüsika ammust ajast «kõikide alguste algust» otsivate teadlaste poolt esitatavale küsimusele: kas eksisteerivad materia «viimased» osakesed? Kas eksisteerib ühtne algmateria kõige lihtsamate, lagundamatute, mitte mingisugusele analüüsile alluvate materia osakestena?

Materialistlik dialektika vastab sellele küsimusele eitavalt. Tema vastust sellele küsimusele kinnitab füüsika ajalugu viimase 50—60 aasta vältel. Kõike materia ehituse kohta mainitud kokku võttes katsume visandada skemaatiliselt lühiülevaate teaduse tungimisest materiasse.

Kuni 1897. aastani (elektroni avastamise aasta) peeti materia «viimaseks» osakeseks aatomeid.

Alates 1897. aastast materia «viimasteks» osakesteks olid juba elektronid; seoses sellega tuli ilmsiks kindel vahekord aatomite kui materia komplitseeritumate osakeste ja neid moodustavate elektronide vahel:

aatomid — elektronid.

Kas võis sellel peatuda teaduse tungimine materiasse, nagu seda arvasid mõned metafüüsiliselt mõtlevad teadlased? On ilmne, et ei võinud. Samades «Filosoofilistes vihikutes» märkis Lenin lõpliku ja lõpmatu vahekorra suhtes — tunnetamise üksikute lõplike astmete ja kogu tunnetuse vahekorra suhtes tema lõpmatus liikumises ja absoluutses tões: «Rakendada aatomite versus (suhtes — B. K.) elektronid. Üldse materia lõpmatus sügavusse...»¹.

Tõsi küll, mõned füüsikud püüdsid juba ammu üles otsida «subelektrone» — osakesi, millistest peavad nende oletusel koosnema elektronid, samuti nagu aatomid koosnevad elektronidest. Kuid kõik sellised otsingud lõppesid alati ebaõnnestumisega: «subelektrone» leida kuidagi ei õnnestunud.

1905. aastal avastati fotonid — valguse «osakesed» ja 1911. aastal avastati aatomituum; ning aatomituumade hulgas avastati lihtsaim (vesinikuaatomi tuum) — proo-

¹ V. I. Lenin, Filosoofilised vihikud, Gospolitizdat, 1947, lk. 251 (v. k.).

ton; kokku võttes — suurenes materia diskreetsete liikide ahel veel kolme lüli võrra; nüüd nägi ta välja järgmiselt: *aatomid — tuumad — prootonid — elektronid — fotonid.*

1931. aastal esitati oletus täiesti erakordsete omadustega uue osakese olemasolu kohta. See osakene pidi olema elektroneutraalne ning omama kaduvalt väikest massi, ta sai nimeks «neutriino». Kuid põhjalikke muudatusi vaadetes materia osakestele ja nende muundumise iseloomule veel ei toimunud. Põhjalikud muudatused algasid 1932. aastal, mil avastati neutron, mis, nagu osutus, ehkki ei koosne prootonist, elektronist ja neutriinost, muundub siiski nendeks. 1933. aastal avastati *positron* ja «paari sündimise» nähtus ning «paaride» taasmuundumine fotoniteks (valguskvantideks); sellega olid avastatud uued, veel hämmastavamad tõsiasiad materia osakeste niisuguse muundumise kohta, mis toimub nende «sündimise» ja «hävinemise» kujul.

1935. aastal ennustati teoreetiliselt, et on olemas veel üks uus osakene — «raske elektron» (mis hiljem sai «mesoni» nimetuse sõnast «*mesos*» — keskmine), mis oli ligikaudu 100—200-kordselt tavalisest elektronist raskem, kuid omas samasuguse laengu —1. Järelikult asus meson oma massilt elektroni ja umbes 2000 korda elektroni massist suuremat massi omava prootoni vahel. 1937. aastal avastati selline osakene kosmilistes kiirtes. Temale järgnes positiivselt laetud mesonite ja neutraalsete mesonite avastamine, kusjuures need osakesed omavad erinevaid masse. Viimasel ajal leiti mesonite mitmesuguseid liike, milliseid märgitakse kreeka tähtedega π (pii) ja μ (müü) («pii-mesonid», «müü-mesonid»); samuti avastati veel mesonite teisi liike.

Mesonid on võimelised samasugusteks sügavateks, põhjalikeks, kvalitatiivseiks muundumisteks nagu neutronidki; nad muunduvad kas üksteiseks või siis muunduvad elektronideks ja neutriinoks või positroniks ja neutriinoks ning võivad alluda teistele muundumistele.

Niisiis avastas kaasaegne füüsika terve klassi, terve seeria materia omapäraseid osakesi, mis omavad kaht suurepärasest tunnust või omadust: 1) nad ei koosne üksteisest või materia veel lihtsamatest osakestest ja seepärast nad ei ole lihtsakesed ja selles mõttes nad on elementaariosakesed ja 2) nad on võimelised üksteiseks muunduma, kaduma üksteises ja sündima üksteisest, selle-

pärast nad kujutavad enestest komplitseeritud moodustisi, kuid hoopiski mitte lihtsaid, elementaarseid moodustisi selle sõna tavalises mõttes. Arvestades nende sellist iseärasust, nimetasid füüsikud tinglikult neid osakesi «elementaarseiks», asetades termini «elementaarne» jutumärkidesse ja märkides sellega ära nende tinglikkust.

Järelikult, tungides mateeria sügavusse, avastas teadus mitte üheainsa, justkui lihtsaima materiaalse osakeste vormi, milledest lõppkokkuvõttes koosnevad ja moodustuvad looduse üha komplitseeritumad osakesed ja kehad, vaid mateeria kvalitatiivselt mitmekesiste «elementaarse» osakeste terve gamma, alates footonist ja neutriinost kuni protonini ja neutronini. Nende komplitseeritus ja ammendamatus ei ilmne mitte selles, et ühed omavad liitiseloomu ja koosnevad veel lihtsamatest osakestest ja teised — veel lihtsamatest osakestest ja nii kuni lõpmatukseni, vaid selles, et nad osutuvad võimelisteks sügavateks vastastikusteks muundumisteks, vastastikusteks üleminekuteks üksteiseks.

Kaasaegse füüsika poolt tema mateeria sügavusse tungimise käigus avastatud mateeria osakeste vahetõbe võib füüsika antud arenemistasemel esitada järgmiselt:

aatomid — tuumad — «elementaarsed» osakesed.

Kaasaegse füüsika kujutlustele tuginedes tuleb vastata eitavalt selle osa pealkirjas seatud küsimusele: kas eksisteerivad mateeria «viimased» osakesed? Mateeria «viimaseid» osakesi absoluutselt lihtsate mõttes, millistele enam ei järgneks mateeria mingeid teisi vorme, looduses ei eksisteeri. Mateeria igasugune, esimesel pilgul kõige lihtsam, «elementaarne» osakene on lõpmatult komplitseeritud, ammendamatu, võimeline muunduma teiseks, samavõrd komplitseeritud ja ammendamatu ning ühtlasi samavõrd «elementaarne», liitiseloomu mitte omav osake.

Peab märkima, et kaasaegses füüsikas tehakse viimasel ajal katseid ühest küljest seletada «elementaarse» osakeste füüsikalist loomust, oletades, et nad koosnevad mingisugustest mateeria veel lihtsamatest, üht või mitut üldist koostisosa omavatest osakestest.

Teisest küljest püütakse mateeria diskreetsete osakeste omadusi ja nende olemasolu tuletada pideva «välja» omadustest. Selles küsimuses algasid meie füüsikalistes ajakirjades huvitavad diskussioonid. Kuid praegu on veel vara mingisuguseid järeldusi teha. Tulevik näitab,

kuivõrd õigeiks ja põhjendatuiks osutuvad sellised katsed.

Haarates mõttelise pilguga kaasaegse teaduse saavutusi materia ehituse alal, võime me nende saavutuste hinnangut kokku võtta Lenini sõnadega, mis ta kirjutas 46 aastat tagasi XIX—XX sajandi piiril füüsikas tehtud avastuste puhul: «Ükskõik kui kummaline ka ei oleks «kaine mõistuse» seisukohalt kaalutu eetri muutumine kaalutavaks materiaiks ja vastupidi, kui «imelik» ka ei oleks, et elektronil puudub igasugune muu mass peale elektromagnetilise massi, kui ebaharilik ka ei oleks, et mehaanilised liikumisseadused piirduvad ainult ühe loodusnähtuste valdkonnaga ja alluvad elektromagnetiliste nähtuste sügavamatele seadustele jne. — on see kõik vaid dialektilise materialismi veelkordne *kinnitus.*»¹

Järeldused.

Teeme esimese järelduse. Kaasaegne füüsika ja eriti kaasaegne õpetus materia ehitusest kinnitavad **dialektilist** vaadet maailmale: looduses ei ole kusagil absoluutseid piire, mis eraldaksid ainet ja valgust mingisugusteks materia absoluutselt eraldi seisvaiks liikideks; kõik liikuva materia liigid on oma ehituse poolest mitte üksnes omavahel seotud, mitte ainult ühtsed üldiste seaduste järgi, milledele nad alluvad, vaid on ka võimelised vastastikku üle minema, üksteiseks muunduma. See on maksev samuti ka aine ja valguse kohta. On likvideeritud vana tees, nagu oleksid materia ehituse vastuolulised küljed ja omadused — katkevus ja pidevus — omavahel eraldatud ja nii jaotatud, et katkevusele antakse täielikult füüsikaliste objektide ja nähtuste (aine) üks valdkond, pidevusele — teine valdkond (valgus). On avastatud ja tõestatud mõlema vastaspoole vastastikune seos, mõlema vastandliku momendi — (omaduste ja materia avalduste) katkevuse ja pidevuse ühtsus. Ühtlasi on tõestatud, et looduses ei ole samatüübilisust, ei ole objektide ja nähtuste mehaanilist homogeensust, vaid on olemas looduse mitmesugustel objektidel ja kõigepealt ainel ja valgusel sügavad kvalitatiivsed erinevused, kvalitatiivne spetsiifika. Aine omab paigaloleku massi, valgus sellist ei oma. Mak-

¹ V. I. Lenin, Teosed, 14. kd., Tallinn, 1952. lk. 241.

rokedad alluvad tavalise mehaanika seadustele, mikroobjektid alluvad erilisele, kvalitatiivselt viimasest erinevale kvant-mehaanika seadustele. Sellega tõestub dialektika see külg, mis näitab, et on vaja arvesse võtta uuritavate nähtuste spetsiifilisi omadusi.

Teine järeldus. Leiab kinnitust **materialistlik** vaade maailmale, füüsikalistele nähtustele tema lahutamatus ühtsuses dialektilise lähenemisega loodusnähtuste uurimisele; veel kord leiab kinnitust, et kõik looduses toimuvad protsessid, kõik füüsikalised protsessid on liikuva materia mitmesugused vormid, et ei ole mingit materia või energia hävinemist, et ei ole materia muundumist puhtaks liikumiseks, vaid on ainult liikuva materia ühe liigi muundumine tema teiseks liigiks, mis toimub looduseaduste järgi, et indeterminism, subjektivism, energetism ja kaas-aegse «füüsikalise» idealismi igasugused teised voolud, mis püüavad kasutada uusi avastusi materialismi näiliseks ümberlükkamiseks, lükatakse tegelikult ise ümber nende avastustega: uued füüsikalised avastused kinnitavad täielikult filosoofilist materialismi.

Kolmas järeldus. «Materialismis ja empiriokrititsismis» väljendatud Lenini ennustus teostub täielikult. Ükskõik kui kummaline ka on materia ühe liigi muundumine teiseks, ükskõik kui kummaline ka on valgusel teise massi puudumine peale liikumismassi, ükskõik kui kummaline ka on vana mehaanika piiramine ainult suurte masside aeglase liikumise seaduste raamidega jne. — kõik see kinnitab täielikult veel kord **dialektilise materialismi** õigsust. Võib julgesti öelda, et iga uus avastus füüsikas, olles õigesti tõlgendatud, on dialektilise materialismi otsene kinnitus. Ja mida sügavamini toimuvad pöörded füüsikalistes vaadetes materia ehitusele, mida radikaalsemalt ja täielikumalt toimub maailma ühe füüsikalise pildi asendamine teiseга, mida komplitseeritum on nende füüsikaliste protsesside pilt, mis asendab tulevikus kvant-mehaanilist ja tuuma-füüsikalist pilti, sellest saab kasu ainult dialektiline materialism, sest ta rõhutab materia lõpmatust sügavusse, igasuguse, isegi «elementaarseima» materia-osakese ammendamatus ja igasuguse materia ehituse, maailma igasuguse füüsikalise pildi, kui komplitseeritud ta ka oleks, kujutluse möödaminevat, suhtelist iseloomu. Füüsikalisi vaateid ja maailma füüsikalisi pilte käsitleb dialektiline materialism ainult kui teetähiseid, kui astmeid

inimese tunnetamise lõpmatul liikumisel mööda täielikumat ja sügavamat objektiivse tõe avastamise teed. Ja selles teadusliku tunnetamise edasiareneval liikumisel materia sügavusse, tema ehituse sügavusse, oli, on ja jääb ka tulevikus kaasaegsetele füüsikutele-materialistidele üheks tähtsaimaks juhendiks V. I. Lenini surematu teos «Materialism ja empiriokrititsism».

Кедров Б. М.

ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛИЗМ О СОВРЕМЕННЫХ
ОТКРЫТИЯХ В ОБЛАСТИ СТРОЕНИЯ МАТЕРИИ

На эстонском языке

Эстонское Государственное Издательство
Талли, Пярну маантеэ 10

Toimetaja P. Freidin.

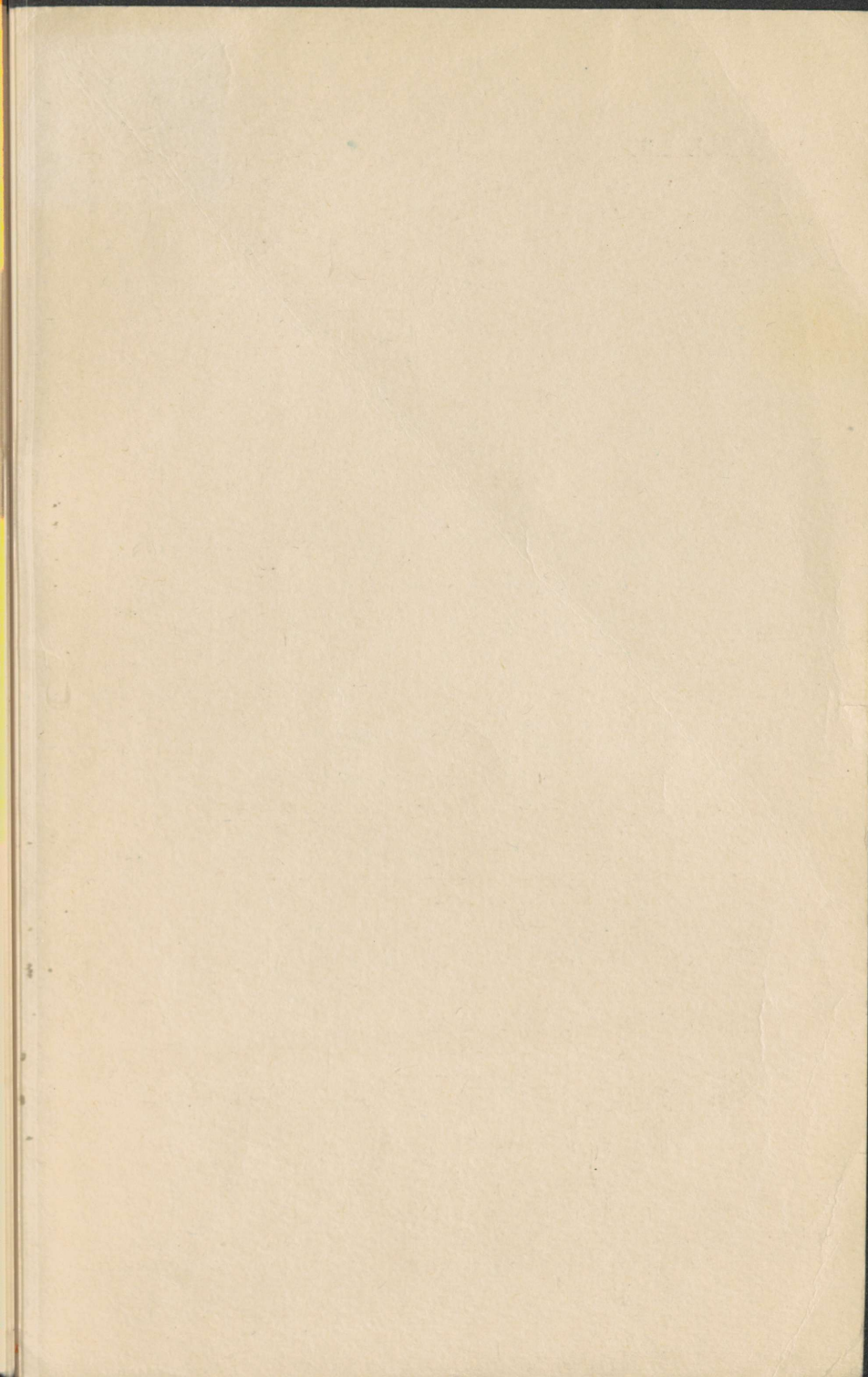
Tehniline toimetaja Alb. Ruutsoo.

Korrektorid S. Kõiv ja E. Valdna.

Ladumisele antud 1. III 1955. Trükkimisele antud 2. IV 1955. Paber 54×84.
1/16. Trükipoognaid 2,75. Formaadile 60×92 kohaldatud trükipoognaid 2,26.
Arvutuspoognaid 2,56. Trükiarv 4000. MB-07266. Tellimise nr. 568.

Trükikoda «Bolševik», Viljandi, V. Kingissepa 31/26.

Hind rbl. 1.20



Rbl. 1.20

A-17346

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00482033 0