M. Univer ja A. Audova

Bioloogia õpiraamat

Tartus
Kirjastusühisus „Loodus“
1920

A-34441

M. Univer ja A. Audova

Bioloogia õpiraamat

EESTI LOODUSTE SELTS TARTUS

1A
27740

Tartus
Kirjastusühisus „Loodus“
1920

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
89471

K. Mattiesen'i trükk, Tartus.

Sissejuhatuseks.

Elu probleem on mõtlejale inimesele alati üheks huvitavamaks probleemiks olnud. Vaevalt leidub inimest, keda elu nähtused ei huvitaks.

Me ei saa elust mööda minna, ilma et meie tähelepanekut ei kütkestaks see nähtuste sügavus, kokkukõla ja reeglipärasus, mille kogu nimetame eluks, selle sõna laiemas mõttes.

Elava looduse ehituses on nii palju ilu, et me peame elu igatahes suurepäraseks nähtuseks tunnistama, olgugi ta tihti täis kannatust ja häda. Just oma suurepärasuse läbi lepitab ta meid enesega, oma vägevusega vaiksetes elunähtustes „vaigistab ta hingetormi", valades meie hinge seda rahustavat äratundmist, et meiegi oleme osake emakesest loodusest.

Tõsine edasipüüdja vaim ei arva teadust ilmeksimatuks, vaid vaatleb teaduse võitusid ehk küll imestuse ja aukartusega, siiski — arvustava pilguga, sest et teadus areneb aegade jooksul, ja meie

vaated muutuvad ja selguvad. Arvustav pilk püüab iga sammu peal katsete ja vaatlemiste varal eksiarvamisi kõrvaldada ja tõele teed rajada.

Praeguse aja bioloogia (eluteadus) on laialdane teadus, mis seob kõiki teaduseharusid, millel on ühel või teisel viisil ühendust elusa ollusega, elu nähtustega ja elu arenemisega.

I.

Anorgaaniline loodus.

a) Analüüs.

1. Aatom ja atomistiline ilmavaade.

Juba vanal ajal kinnitasid tähtsad mõttetargad, filosoofid, et iga aine (mateeria), iga ollus on kokku pandud väikestest, nägemata ja jagamata osakestest, mida aatomiteks[1]) kutsutakse.

Lihtkehades, mida praegusel ajal üle 80 tuntakse (nagu hapnik, vesinik, lämmastik, süsinik, raud j. n. e.), on aatomid ühesugused, aga liitkehades on nad mitmesugused; näit. vesi on kokku pandud vesiniku ja hapniku aatomitest.

Lihtkehi kutsutakse ka keemilisteks elementideks. Element pannakse kirja tema ladinakeelse nime esimese ehk paari esimese tähega: O = Oxygenium, hapnik; H = Hydrogenium, vesinik; Fe = Ferrum, raud j. n. e. Neid tähti kutsutakse elementide keemilisteks märkideks.

Liitkehad tähendatakse üles vormelite abil, mis on kokku pandud keemilistest märkidest, näit. vee

1) „Aatom“ tähendab „jagamata“. Kui aatomid ühinevad, siis saavad nendest molekuülid.

vormel = H_2O. See tähendab, et vee *molekuül* ehk *kõige väiksem vee kübemeke*, mida me omale võime ette kujutada, on kokku pandud kahest vesiniku aatomist (H_2) ja ühest hapniku aatomist (O). Muidugi ei ole vee molekuülil kõiki füüsilisi vee omadusi, nagu 2—3 puul ka kõiki metsa omadusi pole.

Atomistilise ilmavaate tekkimine tuleb viiendasse aastasatta e. Kr. arvata, s. o. greeka mõttetarkade Leukippos'e (500. a. e. Kr.) ja Demokritos'e (420. a. e. Kr.) aegadesse. Iseäranis aga greeka mõttetark Epikuros (341.—270. a. e. Kr.) avaldas vaateid, mis praeguse aja loodusteadusega osalt kokku käivad.

Aga Epikuros ja tema järelkäijad — epikuurlased — ei tarvitanud looduse uurimises teaduslikke katseid (eksperimente). Lihtsa vaatlemise läbi jõudsid nad otsusele, et aine seisab koos aatomitest. Nad seletasid terve looduse kahe mõiste abil: 1) aine ja 2) aine liikumine. Nende õpetuse järele on ainult aine tõsiselt olemas, reaalne. Liikumine on vorm, milles aine olemine ennast ilmutab. Mis mitte aine ei ole, seda ei olegi olemas. Nad arvasid, et aine on kokku pandud aatomitest ja et aatomid on *jagamata* ja *hävitamata*. Aatomil olla teatud suurus, ta olla kõva ja läbitungimatu. Kõik looduse mitmekesisus on nende arvamise järele aatomite vormi, korra, seisu ja vist ka aatomite suuruse ja raskuse tagajärg. Mis hingesse puutub, siis kinnitas Demokritos, et ka hing ja mõistus seisavad koos aatomitest, aga et need aatomid on ainult „peenemad", s. o. väiksemad, siledamad ja vormi poolest reeglipärasemad. See õpetus võeti ka epikuurlaste poolt vastu.

Üleüldse avaldati palju arvamisi, mis pärastine

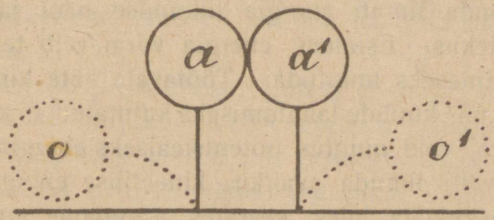
loodusteadus kõrvale heitis. Aga oma peaosas võeti see atomistiline vaade esiotsa ka meie aja õpetlaste poolt vastu.

Selle vaate järele on aine (materia) kõikide asjade algelement, kõigi ilmade ja olevuste substraat.

Aga on olemas ka veel teine vaade looduse peale, nõndanimetatud energeetiline vaade. Enne kui sellest rääkida, katsume energia mõiste selgitada.

2. Energia.

Mis on energia? — Kujutame omale ette kaks kuuli (joon. 1), mida kaks terasvedru hoiavad a ja a^1 seisukorras. Et need kuulid teineteisest eemale, o ja o^1



Joon. 1.

seisukorda tõmmata, pean ma jõudu kulutama. Ma tõmbasin. Vaatame nüüd, mis meie kuulidega sündis. Nende seisukord teineteise vastu muutus, aga ühes sellega ilmus nendes võimalus liikuma hakata ilma ühegi välimise jõuta. Ma ainult võtan käed küljest ära, järjelikult, ei kuluta mingit jõudu, ja kuulid hakkavad liikuma. Nad tulevad endisse seisukorda tagasi ja põrkavad tugevasti teineteise vastu.

Esialgses seisukorras ei olnud nendes seda jõudu. Jõudu on nendes selles seisukorras, millesse ma nad oma kätega tõmbasin, aga see jõud on varjatud olekus ja võib igal silmapilgul ilmuda liikumise näol.

See lihtne näitus teeb meile selgeks, et jõud võib olla kahesugune: 1) avalik, aktiivne jõud, mis avaldub liikumises, ja 2) varjatud, võimaluses olev jõud, mis tagavarana tegevuseta puhkab, nagu näit. pinguletõmmatud vedru jõud.

Niihästi üht kui ka teist jõu vormi kutsutakse ühise nimega energiaks. Seejuures kutsutakse avalikku, aktiivset energiat liikumise- ehk kineetiliseks energiaks, kuna varjatud energiale on teaduses nimeks antud pinguline ehk potentsiaalne energia.

Nõnda ilmub energia liikumise näol ja peitub pingulolekus. Esimene energia vorm võib teiseks ja teine esimeseks muutuda. Töötavate käte kineetiline energia, mis kuulide lahutamiseks kulutatud, ei kadunud mitte ära, vaid muutus potentsiaalseks energiaks, mis uuesti võib ilmuda avaliku, kineetilise energia näol.

Taskukella üles keerates muudame oma käe kineetilise energia kella vedru potentsiaalseks energiaks, aga see potentsiaalne energia muutub jälle kineetiliseks rataste ja kella näitajate liikumises. Kuhu iial vaatame, igal pool looduses leiame neid kaht nähtust: liikumise muutumist pingulolekuks ja ümberpöördud.

Looduse jõud, nagu valgus, soojus, elekter j. n. e., võivad lõpmata vaheldusrikkalt kujuneda, kas üksteiseks muutudes või peitudes pingulolekusse üle minna, aga ei iialgi hävida.

Üleüldiselt ütelda, on jõud — põhjus, mille sündimisepaik teadmata. Praeguse aja teaduses on kõik jõud kokku sulanud üheks mõisteks — energiaks. Me ei räägi harilikult enam jõududest, vaid energia vormidest. Valgus, soojus, elekter — need kõik on ühe ja sama energia vormid.

Pöörame nüüd tagasi oma kuulide juure. Kui kuulid kokku põrkasid, siis läks jõud, mis nende lahutamiseks kulutatud, nähtavasti kaduma. Aga see ei ole jällegi nii. Kokkupõrkamise läbi läksid kuulid natuke soojaks. Tähendab, mehaaniline jõud muutus soojuseks. Praeguse aja füüsika aga õpetab, et soojus on ka liikumine, nimelt kehajaokeste, käesoleval korral kuulide jaokeste, kiire liikumine, mida me küll ei näe, aga tunda võime. See tähendab, et kuulide nähtav liikumine muutus kuulide jaokeste nägemata liikumiseks.

Edasi on ju üleüldiselt tuttav, et soojus sünnitab elektrit, s. o. muutub elektrienergiaks. Üleüldse on katsete abil tõeks tehtud, et peaaegu kõik energia vormid võivad elektrienergiaks muutuda. Ainult vähesed energia vormid, nagu näit. molekulaarsed jõud ja raskusejõud (maakera külgetõmbamine), ootavad veel sellekohast seletust. Seepärast on elektrijõu allikaid nii palju, et raske oleks nad kõik üles lugeda. Kukkuv veetilk, gaas, mida päike soendab, kokkukeeratud traat, mille temperatuuri suurendame, iga keemiline nähtus, mis keha kokkuseadet võib muuta — need kõik on elektrijõu allikad. Iga muutus rakus, iga eluavaldus kudedes toob enesega elektrijõudu kaasa.

Tähele pannes ühe energiavormi muutust teiseks, jõuame kergesti otsusele, et energia üleüldse ei teki

ega kao, vaid et ta on igavene. See on füüsikas üks kõige laiemaist kokkuvõtteist ja talle on nimeks antud energia alalhoidmise seadus. Selle seaduse kindlakstegemine on üks kõige suuremaist XIX aastasaja teaduse võitudest [1]).

3. Aatomite dissotsiatsioon ja energeetiline ilmavaade.

Dissotsiatsiooniks kutsutakse lagunemist algelementidesse. Näit. vee (H_2O) dissotsiatsiooni produktidena ilmuvad vesinik ja hapnik.

Õpetlased, kes atomistilisest ilmavaatest kinni hoidsid, kinnitasid, et olluse lagunemisega tema algelementidesse lõpebki selle olluse dissotsiatsioon, s. o. et elemendid ise ei lagune, millekski ei muutu. Kaua aega arvati, et aatomid on mateeria lagunemata ja jagamata osakesed, nõndaütelda muutumata kivikesed, millest aine on ehitatud. Aga uuem teadus, iseäranis radioaktiivsete nähtuste ülesleidmine, on selle arvamise ümber lükanud. Leiti nimelt, et ka aatomid ise lagunevad algjagudeks. Peale selle võidakse tähele panna veel üht tähtsat tõsiasja: iga elemendi aatomite dissotsiatsiooni produktid on ühesugused. Nende dissotsiatsiooni produkt on energia.

Aatomid, millest, nagu teame, aine on kokku pandud, muutuvad lagunedes energiaks. Sellest teeb teadus oletuse, et mateeria on energiast kokku pandud: ta on iseäraline energia vorm ehk nõndaütelda — koondunud energia.

1) Nimetatud seadus sündis 1839.—1849. a. Mayer'i, Joule'i ja Hirn'i tegevuse tagajärjena.

Ja uuema, nõndanimetatud energeetilise ilmavaate aluseks ongi see idee, et kõik on kokku pandud energiast, s. o. et kõigi olluste aatomid on ehitatud elektri aatomitest — elektroonidest. Selle ilmavaate poole hoiab praegu suurem hulk õpetlasi.

Oletades, et aine oma dissotsiatsiooni puhul võib sünnitada mitmesuguseid energia vorme, nagu valgust, soojust, elektrit j. n. e., ei taha me sellega mitte tõendada, nagu oleks ta kokku pandud valgusest, soojusest, elektrist. Ei. Aga me võime küll ütelda, et ta on kokku pandud energiast, et ta on enam-vähem kindel energia vorm.

Selle põhjal, mis 2-ses peatükis seletatud, ei ole raske aru saada, et energiaks võib nimetada kõike seda, mille võib tööks muuta.

Aga mis on töö?

Töö mõistet võib selgitada 1) raskuse ülestõstmisega ehk maakera tõmbejõu äravõitmisega. Kui näit. mass, mis kaalub ühe puuda, tõstetakse ühe jala kõrgusele, siis on tehtud tööd 1 puud-jalg. Kahevõrra niipalju on tööd tehtud, kui puud tõstetakse kahe jala kõrgusele ehk kaks puuda tõstetud ühe jala kõrgusele, muidugi ühel ja samal geograafia laiuskraadil, — sest maakera ei ole mitte täiesti ümmarguse kuuli sarnane, vaid pooluste juurest natuke lopergune, ja peale selle — ta veereb oma telje ümber, seepärast kaalub üks ja sama asi seda vähem, mida lähemal ta on ekvaatorile, ja seda rohkem, mida lähemal poolustele.

Tööd võib mõõta 2) massi liikumisega. Kujutame omale ette näit., et vedru tõukab edasi

tükki ollust. Töö, mis vedru teeb, oleneb olluse massi suurusest. Mass, mis kahekordselt nii suur, nõuaks ka kahekordset tööd, et sama kiirusega liikuda.

Prof. Ramsay seletust kasutades, kujutame omale nüüd ette, et tarvis läheb teatud *osa tööd* (W), et sundida *massi* (M) liikuma teatud *kiirusega* (V). Kui M suureneb kuni 2M, siis peab ka töö kahekordseks minema.

Paneme nüüd järgmist tähele:

kui V tähendab *kiirust*,
„ L „ *kaugust* (maad)
ja T „ *aega* sekundites,
siis $V = L/T$,

see tähendab, kiirus on ühesuurune kaugusega (maaga), mis liikuv keha *ajaüksuse* jooksul ära käib.

Ütleme, et massi liikumise kiirus suureneb ühetasa igas sekundis teatava suuruse võrra, siis liikumise kiirendus [1]) =

$$= V/T \text{ ehk } L/(T \times T) \text{ ehk } L/T^2.$$

Et massi liikumist kiirendada, on tarvis, et tema peale alaliselt mõjuks tung, mis proportsionaalne on

$$M \times L/(T \times T) \text{ ehk } ML/T^2.$$

Ütleme, et mass hakkaks *paigalt* liikuma (s. o. alguses oli kiirus O), et tung ühe sekundi jooksul tema peale mõjub ja et selle sekundi lõpul

1) Juuresolevad vormelid on lühendatud kujul antud.

kiirus on 1, siis saame, nagu mehhaanika õpetab, järgmise vormeli tungi (F) jaoks:

$$F = {}^1/_2ML/T^2.$$

Töö mõiste esimese selgituse põhjal, massi ülestõstmise põhjal teatavasse kõrgusse, tähendame energia

$$E = F \times L.$$

Kui $F = {}^1/_2ML/T^2$, siis peab E nii suur olema kui $({}^1/_2ML/T^2) \times L$ ehk ${}^1/_2ML^2/T^2$.

Aga et $L/T = V$, nagu eespool nägime, seepärast siis $L^2/T^2 = V^2$; nõnda saame energia jaoks järgmise võrranduse:

$$E = {}^1/_2MV^2, \text{ kust}$$

$$M = \frac{E}{{}^1/_2L^2/T^2} = \frac{2E}{V^2} = \frac{E}{{}^1/_2V^2}.$$

Juba muinasajast peale olid algüksusteks: mass, aeg ja kaugus. Energia, meieaegne mõiste, määrati nende üksuste põhjal kindlaks. Aga algüksusteks võib nendest neljast üksusest ükskõik missugused kolm võtta ja nende põhjal neljanda ära määrata. Prof. Ostwald soovitas massi asemele algmõisteks energia võtta. Sel korral ilmuks mass kui

$$M = 2E/V^2 = E/{}^1/_2V^2.$$

Sõnal mass on kaks tähendust: 1) mateeria (aine) ja 2) mateeria hulga mõõt. Sümbol M on eelmistes võrrandustes tarvitatud selles viimases tähenduses, — ta on mateeria hulga mõõt.

Aga mateeriat võib vaadelda ka veel kui füüsi-

list tegurit, mis tegelikult ühesugune on inertsiga ehk omadusega liikumisele vastu panna.

Prof. Ostwald ja tema mõtteosalised seletavadki massi mõistet nõnda, et M nendes võrrandustes on liht füüsiline tegur, füüsiline kvaliteet, ja seepärast ei ole sugugi tarvis oletada substraati, mida me „mateeriaks“ kutsume. Massi määravad nad ära kui energia, mis on jagatud $^1/_2V^2$-ga. Ja seda Ostwald kaitseb muu seas sel põhjusel, et kõik, mis me oma viie välise meele abil teame, on lihtsalt meie enese energia muutuste tagajärg ja et meil ei ole õigust nendest muutustest järeldada, et olemas on substraat mateeria, just niisama nagu vana aja õpetlastel õigust ei olnud tõendada, et kõigile kehadele on ühine mingisugune substraat, mis neile vormi, värvi, kõvaduse annab.

Mateeria ei ole muud midagi kui mulje, mida meie tundmuste peale avaldab energia kindel tasakaal. Praegusel ajal on õpetlased otsusele jõudnud, et iga mass on elektrimagnetilist tõugu ja peab olenema kiirusest. Kiiruse kasvamisega peab ka mass kasvama. Mass on ikka ainult nähtavana olemas.

Nõnda näeme, et looduse peale võib kahest seisukohast vaadata: 1) et mateeria kui substraat on olemas ja 2) et niisugust substraati ei ole olemas, vaid et kõik see, mis teame, oleneb aja, kauguse ja energia mõisteist.

Selle viimase vaate järele on ainult energia reaalselt olemas. Kõik muu on ainult suhteline ja muutlik mõiste ega ole tõepoolest olemas.

Nõnda siis seletavad energeetilise ilmavaate poolehoidjad mateeria ja energia vahekorda sellega,

et nad mateeria olemasolu teatava substantsi (olluse) mõttes täielikult eitavad. Mateeria on olemas ainult kui energia enam-vähem kindel vorm.

Mateeriat mõistavad nad kui energia vormide kogu, mis on seotud ruumi läbi, ja kui protsesside üksikuid momente, mis ajast ripuvad.

Hinge mõiste seletatakse „psüühilise energia" mõistega (Ostwald).

Et energeetiline ilmavaade võimalik on, selle kõige selgemaks ehk nõndaütelda tegelikumaks tõenduseks on radioaktiivsed nähtused (radioaktiivsed kiired), mit Becquerel üles leidis, ja Le Bon'i leidus, kes esimesena õpetlaste seast tunnistas radioaktiivsuse kõigi olluste, kõige mateeria üleüldiseks omaduseks.

Tähendab, niihästi radioaktiivsus kitsamas mõttes kui ka mateeria dissotsiatsioon üleüldse — need on niisugused nähtused, millega peab tuttav olema, sest muidu on raske aru saada mateeria sündimise hüpoteesidest ja peaaegu võimatu omale enamvähem reeglipäraselt ette kujutada elu evolutsiooni.

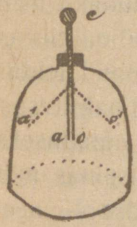
Seepärast võtame esialgu lühedalt kõne alla radioaktiivsuse nähtused kitsamas mõttes ja peale selle mateeria dissotsiatsiooni üleüldse.

4. Radioaktiivsus.

Prof. Becquerel pani uraanisoola päevapildiplatile, mis enne seda paksu musta paberisse mässitud, ja leidis, et platt mustaks läks sealt kohalt, kus uraanisool oli olnud, s. o. ta leidis, et uraanisoolad läbi musta paberi mõju avaldavad päevapildi-plati

peale. Seda mõju avaldavad nad isegi pimeduses. Tähendab, uraanisoolad saadavad vahet pidamata enesest välja iseäralisi kiiri, mida esiotsa kutsuti Becquerel'i kiirteks, viimaks aga anti neile nimeks „radioaktiivsed kiired“ ehk „radioaktiivne kiirtevoolus“.

Radioaktiivsetel kiirtel on peale selle veel omadus helkimist ehk fluorestseerimist sünnitada: mõnedele ollustele langedes teevad radioaktiivsed kiired nad pimeduses helkivaks.



Joon. 2. Elektroskoop.

Viimaks on radioaktiivsetel kiirtel veel kolmas omadus. See on järgmine. Kui elektroskoop (joon. 2) elektriseerida, siis põrkavad kaks kuldlehekest *a* ja *o* teineteisest eemale ja võivad tundide kaupa peaaegu muutumata sellesse seisukorda (a^1, o^1) jääda, sest et õhk elektrit peaaegu sugugi edasi ei vii. Aga niipea kui me elektroskoobi lähedale radioaktiivse olluse paneme, saab õhk kuulikese (*e*) ümber elektri edasiviijaks, elekter läheb traati mööda lehekeste seest ära — ja lehekesed langevad jälle alla, kokku. Tähendab, radioaktiivsed kiired tühjendavad elektroskoobi, s. o. teevad õhu elektri edasiviijaks ehk — nagu teaduses öeldakse — ioniseerivad õhku.

See viimane nähtus on siidivabrikuis hästi tuttav. Siiditööstuses sünnib hõõrumise läbi siidiniidikestes elekter. Et niidikesi elektrist tühjendada ehk, nagu öeldakse, elektrit neutraliseerida, pannakse iga kangaspuu lähedale natuke nõrka raadiumisoola sulatist. Enne raadiumi ülesleidmist saadi see nõndaviisi kätte, et töötuba veeauruga täideti; see mõjus aga kahjulikult tööliste tervise peale.

Õhu ioniseerimisest teeme pärastpoole pikemalt juttu.

Võtame nüüd saadud teated lühedalt kokku: radioaktiivsed kiired 1) avaldavad mõju päevapildiplati peale, 2) sünnitavad mõnede olluste helkimist ja 3) teevad õhu elektri edasikandjaks.

See viimane asjaolu aitaski 1898. a. proua Curie'l, kes mehega, Pierre Curie'ga, seltsis töötas, üles leida olluse, mis miljon korda radioaktiivsem on kui uraan ja mille proua Curie r a a d i u m i k s nimetas. Raadiumi eelkäijaks oli, nagu nägime, uraan, mis ise väga vähe radioaktiivne. Puhta metallraadiumi kui elemendi leidis üles proua Curie alles hiljuti, mõni aasta tagasi.

Peale päris raadiumi on radioaktiivsed veel kõik uraani, tooriumi ja polooniumi ühendused. Üleüldse on radioaktiivseid olluseid praegusel ajal juba palju teada.

5. Radioaktiivsed kiired.

Paneme väikese tinast uhmrikese põhja (joon. 3) pisut raadiumisoola (kloor-raadiumi), siis lähevad kõik kiired püstjoones üles, sest kõik teised kiired kaovad uhmri seinte ja põhja sisse ära ehk — nagu teaduses öeldakse — neelduvad ära. Kui nende kiirte lähedale asetame tugeva magneti, siis põrkab osa kiiri, „α-kiired" (alfa-kiired), magnetile natuke ligemale. Teine osa kiiri, „β-kiired" (beeta-kiired), põrkavad otse teisele poole tugevasti kõrvale, kuna kolmas osa kiiri, „γ-kiired" (gamma-kiired), sugugi kõrvale ei põrka, vaid ikka otse edasi lähevad (joon. 4).

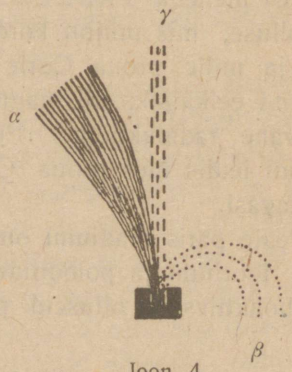
Nõnda näeme, et tugeva magneti abil ehk —

nagu teaduses öeldakse — magnetivälja mõjul võib raadiumi kiired kolmeks vihuks ehk osaks jaotada.

Nende kiirte omadustest peame järgmist ära tähendama: Kõige kiiremini lähevad edasi gamma-kiired (peaaegu 300.000 kilomeetrit sekundis, s. o. peaaegu valguse kiirusega) ja tungivad läbi isegi 30 sentimeetri paksusest raudlatist.



Joon. 3.



Joon. 4.

Beeta-kiired liiguvad aeglasemalt, umbes 290.000 kilomeetrit sekundis. Juba 4 millimeetri paksune tinaplekike neelab nad ära.

Alfa-kiired käivad 20.000 kilomeetri kiirusega sekundis ja on, mis läbitungivusse puutub, kõige nõrgemad: näit. paberileht ehk mõne tolli laiune õhukiht püüab nad juba täiesti kinni.

Sellegi pärast on aga alfa-kiired, võib ütelda, kõige tähtsamad: nendes on umbes 98% kõigest energiast, mis radioaktiivsed ollused enesest saadavad.

Radioaktiivsed nähtused on ühenduses suure hulga soojuse alalise väljasaatmisega. Raadium, mis

soetab umbes 130 väikest kalooriat grammi kohta[1]) tunnis, soetaks aastas umbes miljoni kalooriat.

Aga kõigist aatomitest, mis ühe grammi raadiumi sees on, laguneb, nagu välja on rehkendatud, sekundis ainult biljoniline osa (Lecher). Teiste väljarehkenduste järele kaotab 1 gramm raadiumi aasta jooksul $^1/_{100}$ milligrammi ehk 1 milligrammi 100 aasta sees (Soddy). Sellest näeme, et radioaktiivsete olluste lagunemine ehk muutumine läheb väga aegamööda ja nad annavad soojust ainult vähehaaval. Me ei tunne niisugust keemilist vahendit, mis võiks kiirendada või tagasi hoida seda muutumist. Kui meil abinõu käes oleks, seda aatomite lagunemist kiirendada, siis saaksime kõik selle soojuse, mis aatomid nüüd vähehaaval annavad, lühikese aja jooksul kätte, mille tagajärjel saadud energia jõud nii suur oleks, et ta meile alalõpmata tuhanded hobujõud[2]) annaks kõige selle aja jooksul.

Kui tarvilisel määral raadiumi ühendused vees lahundada ja lahund ära lasta aurata, ehk lihtsalt ühendus tugevasti soojaks teha, ilma lahundamata, siis võib suure osa tema radioaktiivsusest hävitada.

Tekib küsimus: kuhu läheb see radioaktiivsus? — Seda on kerge vastata: lahundamise ehk soendamise läbi eraldab raadiumi ühendus enesest gaasisarnast ollust, mida raadiumi emanatsiooniks ehk nitooniks kutsutakse, ja kui see gaas kokku koguda, siis on kõik radioaktiivsus, mis raadium kaota-

1) S. o. 1 gramm raadiumi annab tunnis 130 kalooriat.

2) Üks „hobujõud" tõstab 550-naelalise raskuse 1 jala kõrgusele sekundis.

nud, selle gaasi sisse koondatud [1]). Raadiumi emanatsiooni võib ka veel järgmisel teel saada: kui õhku, mis mõni aeg raadiumiga kokkupuutumises oli, läbi lasta klaastorust, mis kuni — 150° C. külmaks tehtud, siis ilmub tema seintele vedelik, — mitte vedel õhk, sest õhk ei muutu selles temperatuuris veel vedelaks. Kui see vedelik kuni toa soojuseni soendada, siis muutub ta g a'a s i k s; see ongi raadiumi emanatsioon ehk nitoon. Tähendab, raadiumi emanatsioon (nitoon) on raadiumi aatomi esimene lagunemisprodukt.

Leiti ka, et nitoon, mis kinnises torus seisab, mõne päeva pärast ise teiseks gaasiks muutub, nimelt — heeliumiks, mille maht kolm korda suurem. Nõnda on siis heelium jälle radioaktiivsete elementide produkt. Teda saadi samal viisil aktiiniumist, uraanist, tooriumist ja polooniumist.

Et aga niihästi nitoon kui ka heelium oma kindlate tundemärkidega e l e m e n d i d on, siis oli juba nende nähtuste põhjal võimalik oletada, et üks element tõepoolest teiseks elemendiks võib muutuda. Aga teadusel on veel palju teisi tõendusi elementide muutlikkuse kohta.

Praegusel ajal ei arvata mitte ainult uraani, tooriumi, raadiumi ja polooniumi aatomite muutumist heeliumi aatomiteks kindlaks tõsiasjaks, vaid üleüldse kõigi nende elementide muutumist, mis praeguse aja tingimustes maakeral radioaktiivsed on.

Nähtavasti on nüüd lõpulikult kindlaks tehtud, et radioaktiivsed elemendid vabalt üksteiseks muutuvad.

1) Raadium ise saab täielikult oma jõu, mis ta emanatsiooni lahkumisega kaotas, ühe kuu aja jooksul jälle tagasi.

Ja nad on ometi kõik mateeria elementaarsed vormid. Nende aatomid muutuvad, ja pealegi nõnda, et suuremad ehk suuremakogulised aatomid reeglipäraselt lagunevad väiksemaiks ehk väiksemakogulisteks, lihtsamaiks aatomiteks.

Nõnda on lõpulikult kõrvale heidetud see seletus, mille järele aatomid pidid olema igavesed, muutumata ja jagamata kivikesed, millest on ehitatud mateeria. Just selle vastu — selgus, et aatomid on mõnest küljest nagu elavad olevused, mis kindlate seaduste järele ja teatud sihis edenevad.

Et keemilised elemendid niisama edenevad ja muutuvad kui elavad olevused, seepärast võib igal pool looduses näha elu, olgu see elu anorgaaniline või orgaaniline.

Et eksiarvamisi ära hoida, peab tähendama, et meie aja teadus aatomit mitte kõrvale ei heida, vaid ta peab teda mateeria jagatavuse kunstlikuks piiriks ega tunnista teda mitte enam mateeria jagatavuse tõsiseks, looduslikuks piiriks.

Radioaktiivsed nähtused on seda sorti nähtused, mille üle me täiesti võimetumad oleme: me ei või neid kiirendada ega tagasi hoida. Radioaktiivsus on iseedenev elementide muutuse nähtus.

Olgu veel mõni sõna radioaktiivsete kiirte tõugudest ehk nende sündimisepaigast: Veerand osa alfa-kiirtest sünnib mõnede raadiumi aatomite muutumisest emanatsiooni aatomiteks. Kolmveerand osa alfa-kiirtest ja kõik beeta- ja gamma-kiired sünnivad võrdlemisi rutulistest emanatsiooni ja selle produktide muutustest.

Tahtmata tekib küsimus: Ehk on kõik elemendid muutlikud? Võib olla, on radioaktiivsed ele-

mendid ainult natuke enam muutlikud kui kõik teised? — Lõpulikku vastust nende küsimuste peale ei ole teadus veel suutnud anda, aga mitmed märgid näitavad, et vastus tuleb jaatav.

Raadiumisoolade[1]) ülesleidmise järele arvati ja tõendati esiotsa küll, et radioaktiivsed nähtused ainult raadiumi enese aatomitest olenevad ja et teised, kõrvalised kehad, mis mõni aeg raadiumi lähedal asusid, saavad radioaktiivseiks (indutseeritud radioaktiivsus) seepärast, et nende kehade külge, emanatsiooniga kokkupuutumise tagajärjel, jäävad selle uue keemilise olluse[2]) j ä l j e d, mis ilmub emanatsiooni aatoomite lagunemise tagajärjena, produktina. Teiselt poolt näitas suure hulga tuntud elementide uurimine, et need, peale väheste, mitte aktiivsed ei ole.

Aga võimalik on, et teistel elementidel need protsessid nii aegamööda lähevad, et me seda ei suuda märgata.

Dr. Le Bon oli esimene, kes radioaktiivsuse kõigi olluste, kõige mateeria üleüldiseks omaduseks tunnistas, nagu eespool tähendatud. Suur hulk teisi õpetlasi, ehk nad küll tema teooria vastu võtsid, ei rutta lõppotsuseid tegema.

Enne kui nüüd üleüldise mateeriadissotsiatsiooni kõne alla võtame, peame tundma õppima Crookes'i aparaadi, katoodkiired ja elektrooni.

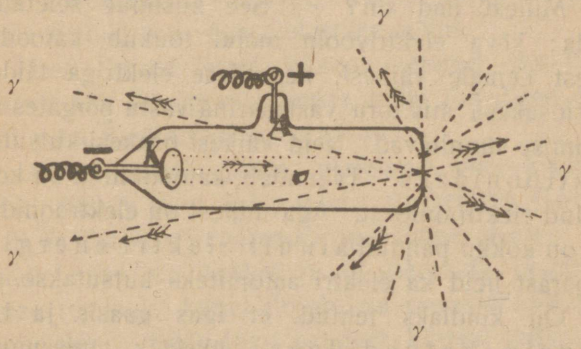
---

1) Raadiumi ühenduste.

2) Aatomite lagunemise teoorias, mis Rutterford'i ja Soddy poolt üles seatud, antakse sellele uuele ollusele nimeks raadium **A**. Ta on kõva, kindel keha ja muutub omakorda uueks kehaks — raadium **B** j. n. e.

6. Crookes'i aparaat, katoodkiired ja elektroon.

Crookes'i (l. kruks) aparaat (joon. 5) on täiesti kinnine klaastoru, mille seest õhk õige suurel määral on välja pumbatud. **K** ja **A** tähendavad ära toru sisse joodetud metalltraatide otsad. **K** otsa külge on kinnitatud väike diskus (ketas), mis mõnesugusest metallist tehtud. Kui me **A** ühendame mingisuguse elektrijõu



Joon. 5. Crookes'i aparaat.

allika positiivse (+) poolusega, aga **K** negatiivse (—) poolusega, siis läheb elektrivool anoodi **A** poolt katoodi **K** poole, mida kergesti võib näha **A** poolt **K** poole minevaist laiadest valgusejoontest. Aga need jooned ei ole küll mitte iga kord nähtavad; näit., kui õhu hõredus nii suur on, et torusse ainult $^1/_{1000}$ protsenti endisest normaalsest õhust on jäänud [1]), siis ei näe neid valgusejooni mitte. Seejuures on ükskõik, kuhu me anoodi paigutame: ta võib olla üleval, nagu joo-

1) Kõike õhku täielikult välja pumbata on väga raske.

nistus näitab, ehk all, niisama hästi ka paremal või pahemal pool toru külje sisse joodetud.

Nüüd paneme kõige tähtsamat nähtust tähele: katoodi **K** juurest, otse loodjoones tema diskuse pinnast, läheb vihk kiiri. Need kiired põrkavad ka magneti mõjul kõrvale ja panevad helkima selle koha torust, mis otse **K** vastas on. Neid kiiri kutsutakse katoodkiirteks ehk katoodvoolusteks.

Millest nad on? — See küsimus seletatakse nõnda: kõva elektrivoolu mõjul tõukub katoodi **K** küljest eemale väikesi, negatiivse elektriga täidetud massiosakesi, mis toru vastasseina vastu põrgates selle helkimise sünnitavad. Neid väikesi osakesi kutsutakse elektroonideks. Tähendab, katoodkiired on kokku pandud elektroonidest. Aga millest on elektroonid? — Nad on kokku pandud ainult elektri energiast, mispärast neid ka elektri aatomiteks kutsutakse.

On kindlaks tehtud, et igas gaasis ja igasuguste katoodidega, ükskõik, missugusest metallist nad tehtud, on katoodkiirte osakesed, elektroonid, ühesugused. See tähendab, elektroonid võivad välja voolata kõige mitmekesisemaist keemilistest elementidest, ja nad ei kaota iialgi oma elektrilist sisu.

Katoodkiirte ühesugused omadused viivad meid sellele otsusele, et kõige mitmekesisemate kehade aatomid on kokku pandud ühesugustest algosadest — elektroonidest. Järelikult ei ole elektroonid ise mitte keemilised aatomid, vaid nad on kõigi aatomite osakesed.

Elektroonid ei ilmu mitte ainult katoodkiirtes, vaid paljudes teisteski nähtustes: nad voolavad välja

tulipunaseks aetud metallist, mille peale ultraviolette kiiri on lastud mõjuda j. n. e.

Lõpuks peame veel mingisuguseid kiiri tähele panema, mis ühes katoodkiirtega ilmuvad.

Kui elektroonid (katoodkiired) vastu kõva klaasseina põrkavad (joon. 5), siis tekivad õige lühikesed valguse lained, mis silmale nägemata, aga mis päevapildi-plati peale mõjuvad, helkimist sünnitavad ja õhu elektri edasikandjaks teevad. Need kiired ei põrka kõrvale ei magneti- ega elektrijõu mõjul.

Need kiired ongi nõndanimetatud iks-kiired (x-kiired) ehk Röntgeni kiired[1]), mille füüsilised omadused juba üleüldiselt tuttavad on.

Detaile kõrvale jättes, nimetame veel kanalkiiri. Ainult ühel jaol elektri osakestest (katoodkiirtel) on Crookes'i aparaadis negatiivne elekter. Teisel jaol, mis toru keskel ja nõndaütelda negatiivse valguse sisemisel küljel ilmub, on peaasjalikult positiivne elekter. Seda jagu nendest kiirtest kutsutakse kanalkiirteks. Need kiired seisavad koos kärmesti lendavaist aine osakestest, nagu alfa-kiired radioaktiivsete kiirte seas.

Kui me kõiki nimetatud kiiri võrdleme radioaktiivsete kiirtega, siis leiame, et katoodkiired on samad beeta-kiired, mida me radioaktiivsete kiirte hulgas tundma õppisime. Röntgeni kiired ehk x-kiired — on gamma-kiired radioaktiivsete kiirte hulgas, ja viimaks kanalkiired — need on samad, mida me juba tunneme radioaktiivsete

1) Uuemal ajal tehakse Ameerikas ja Saksamaal uuetüübilisi Röntgeni aparaate, mis väga tugevajõulisi kiiri annavad.

olluste alfa-kiirte näol. Niihästi radioaktiivsed kiired kui ka katood- ja x-kiired teevad õhu elektri edasikandjaks, avaldavad mõju päevapildi-plati peale ja tekitavad mitmesuguste olluste helkimise.

Nõnda tunneme peale kunstlikult sünnitatud katoodkiirte veel radioaktiivseid kiiri; mõlemad on elektroonide vaba lend, lend kaugesse ilmaruumi kolossaalse kiirusega.

Järelikult viivad meid nähtused otsusele, et osakesed, mida tarvilise jõuga elektriseeritud kehad enesest välja saadavad, täielikult nende osakeste sarnased on, mis radioaktiivsete olluste dissotsiatsioonis sünnivad.

Elektrooni massi suurus ei ole mitte alati ühesugune, kindel, vaid ripub elektrooni liikumise kiirusest. See sunnib oletama, et meile see nõnda ainult näitab, nagu oleks elektrooni mass olemas; see mass on aga ainult elektrooni loomu (elektrimagnetilise loomu) välimine avaldus, s. o. lõppude lõpuks ei ole elektroon mitte materiaalne, aineline, selle sõna harilikus mõttes (prof. Schilov).

Elektroon võib vabalt, iseseisvalt olemas olla. See on üks kõige suuremaist meie aja teaduse leidustest. See tähendab, et energia[1]) võib olemas olla ilma mateeriata.

Aga elektroon võib ka seotud olla niihästi üksikute aatomitega kui ka aatomite kogudega, s. o. mitmesuguste olluste moleküülidega, mis siis negatiivset elektrit sisaldavad.

Sellevastu võivad aatomid ja moleküülid vahel

1) Elektroon on ju energia (elektri) aatom.

elektroonidest ka ilma jääda. Aga et elektroonid negatiivset elektrit sisaldavad (positiivseid ei ole veel leitud), seepärast muutub aatom, kui ta negatiivse sisu kaotab, positiivsisuliseks. Niisuguseid positiivsisulisi aatomid ja moleküüle kutsutakse ioonideks.

Kõike tähele pannes, mis siiamaale öeldud, ja arvesse võttes veel seda asjaolu, et elektroonid ise iialgi valgust ei anna (ainult liitained võivad enesest valgusekiiri välja saata), jõuame otsusele, et elektroonid tõesti on mateeria lõpulikud algosakesed ja et positiivseid elektroone ei ole olemas.

Nüüd ei peaks enam raske olema üleüldistes joontes aru saada, kuidas mateeria lagunedes energiaks muutub.

Siinkohal tuleks tähendada, et „mateeria muutumine energiaks“ mitte küllalt kohane kõnekäänd ei ole. Kui me seda õigeks peame, et energiat ei või luua ega hävitada, siis peaksime loogiliselt ka õigeks tunnistama, et see, millest energia ilmub või milleks ta muutub, ei või midagi muud olla kui jällegi mingisugune energia vorm.

On materiaalne aatom energia allikaks ja seisab ta koos ainult elektroonidest, siis ei või mateeria muud midagi olla, kui ainult enam-vähem kindel energia vorm. Ja et mateeria midagi muud ei ole kui energia, siis ei ole siin midagi imeks panna, kui teatava energiakompleksi (aatomi) küljest mõnesugustel põhjustel ehk ka vabalt, s. o. meile tundmata põhjusel, osa energiat lahkub katoodkiirte või ka radioaktiivsete kiirte näol.

Praeguse aja teadus õpetab, et aatomi ehitus on väga komplitseeritud, keeruline. Aatom on päikesesüsteem väikesel kujul. Tema seisab koos tsentraalsest osast, mille ümber määratuma kiirusega käivad tuhanded, mõnikord ka enam jaokesi. Need jaokesed ei põrka üksteisega kokku, — jõudude juhatusel, mis nende üle valitsevad, käivad nad oma teed „igavesti", s. o. kaua, väga kaua. Nende haruldaselt keeruliste tasakaalude kõrvale tulevad aatomite dissotsiatsiooni läbi veel teised tasakaalud, mis nad veel keerulisemaks teevad. Nõnda on mateeria pealtnäha küll inertne, surnud, aga tõepoolest on tal haruldaselt keeruline organisatsioon ja hoogsalt tuksuv, tõhtus (intensiivne) elu.

7. Mateeria dissotsiatsioon.

Teadus ei saa veel seletada, kuidas aatom, mis nähtavasti kõige vastupidavam asi, teatavail tingimustel (ehk ka ilma mingi tuntud põhjuseta) võib oma vastupidavuse kaotada ja lõpuks hoopis laguneda. Ometi on niisugune lagunemine tõsiasi. Dr. Le Bon arvab, et kui tahame selle küsimuse üle selgusele jõuda, siis ei pea me mitte suurt tähtsust andma selle jõu suurusele, mis mateeria tasakaalusid põhjalikult muudab, vaid jõu omadusele ehk tõule. Iga tasakaal mateerias on tundlik ainult teatava teguri mõju vastu. Et teatavat mõju avaldada, peame otsima sellekohase teguri. On niisugune tegur leitud, siis võivad õige väikesed põhjused aatomite tasakaalu muuta ja nähtusi sünnitada, mis sellesarnased, nagu sädeme mõju püssirohu peale. Võtame analoogilise näituse häältevallast: kõige tugevam pikse

kärgatus ja kõige valjum plahvatus ehk suurtüki mürin ei jõua häälerauda värisema panna, kuna õige nõrk, aga teatud kõrguses toon ta värisema paneb, s. o. niisugune toon, nagu hääleraud ise võib anda.

Veel näitus: õige raske on rõhumise abil vett kokku pressida, nõnda et ta maht väheneks, kuna temperatuuri muutmisega teataval määral seda õige kerge on teha. Ehk — et metallplekikest pikemaks teha, läheb tarvis väga suurt rõhumist, aga võtame ta peosse — ja käe soojuse läbi läheb ta pikemaks.

Seepärast on võimalik, et ka elemendid, mida me lõpmata väikestes osades eraldame, ometi suurt osa etendavad.

Väga mitmesugustel põhjustel võib mateeria dissotsieeruda. Üks kõige harilikumaist põhjustest on — põlemine. Võtke põlev küünal ja lähendage ta tuli elektroskoobile, mis elektriseeritud. On tuli veel mõni toll elektroskoobist eemal, kaob viimasest elekter peaaegu silmapilkselt.

Hariliku tuleleegi, katoodkiirte ja radioaktiivsete kiirte sarnasus on ka teiste katsetega kindlaks tehtud, näit. tuleleegi elektroonide kõrvalepõrkamine magnetijõu mõjul. Niihästi tuli (tule gaasid) kui ka tulipalavaks aetud metall saadavad enesest elektroone; seejuures on nende elektroonide arv määratu suur, sest ta võib neutraliseerida nii suure hulga elektrit, mis vastab paljudele ampeeridele ruutsentimeetri kohta. Ükski radioaktiivne keha ei jõua elektroone nii suurel hulgal soetada. Ja et päikese kokkuseades on palju põlevat ainet (süsinikku), nagu päikese spektrum näitab, seepärast saadab päike enesest määratu hulga elektroone. (Nende elektroo-

nide kokkupõrkamisest hõredate õhugaasidega vist tekivadki virmalised.)

Dr. Le Bon, kes esimesena tõendas, et radioaktiivsus on üleüldine nähtus, nimetab peale põlemisprotsesside veel teisi mateeria dissotsiatsiooni faktorid; näit. tõendab ta, et juba liht valgusekiir võib mateeriat dissotsieerida; metallplatt, mis valguse mõju all olnud, saadab enesest voolusid, mis nagu katoodkiiredki õhu teevad elektri edasikandjaks ja magneti mõjul kõrvale põrkavad. Peale selle leiab ta, et mateeria laguneb teatavajõulise elektrisädeme mõjul ja iseäranis hoogsasti keemiliste reaktsioonide puhul.

Seepärast on võimalik, nagu Le Bon arvab, et põhimõtte vastu, mis Lavoisier keemia aluseks on seadnud[1]), keemiline ühendus mitte niipalju ei kaalu, kui kõik need kehad kokku, mis selle ühenduse valmistasid, ja et see õppelause, millele praeguse aja keemia hoone on rajatud, näitab õige olevat ainult seepärast, et meie kaalud küllalt õrnad ei ole. Järelikult on kõik meie keemiareeglid nähtavasti ainult ligikaudsed oletused.

Aga tegelikult ei ole seeläbi ükski mehhaanikaseadus kaotatud, sest et mateeria lagunemisprotsess nii aegamööda läheb, et teda praeguste abinõudega, mis teadusel käepärast, ei või märgata.

Mateeria võib aga ka, nagu eespool nägime, hoopis ilma põhjusteta laguneda. Vähemasti — põhjus jääb meile mõistatuseks (radioaktiivsed kehad). Vurriga võrreldes avaldab radioaktiivne lagunemine

1) Lavoisier' põhimõtte järele kaalub keemiline ühendus just niipalju, kui need kehad kokku, mis selle ühenduse on soetanud.

„aatomite vanaduse“ tundemärke ja nende sisemise võitluse tundemärke, mida nad võitlevad, et saavutada uut elu, uuendatud kujul, mida nad aga mitte korraga, ühel hoobil kätte ei saa, vaid läbi elades terve rea niisuguseid elujärke, mis kaua ei või seista, vaid kiiresti muutuvad (prof. Schilov).

Et mateeria muutusest väikest pilti saada, on Dr. Le Bon'i tõenduse järele küllalt sellest, kui me mõne soola vee sees sulatame. Võtame näit. kloorkaaliumi sulatise: kloori ja kaaliumi aatomid on üksteisest lahutatud ja on sulatises ühel ja samal ajal. Kloorkaalium just nagu dissotsieerub juba sulatamise läbi üksipäinis. Aga kaalium on metall, mis vee sees olles tingimata energiliselt laguneb, ja klooriga kokku puutudes peab ta temaga tingimata ühinema. Seepärast peame oletama, et sulatises ei ole kaaliumi ja kloori omadused enam niisugused nagu harilikult, vaid et nende aatomid on muutunud. Seda tunnistavad teisedki õpetlased: arvatakse nimelt, et sulatises on kloori ja kaaliumi aatomid kokku pandud i o o n i d e s t, mis vastupidist elektrit sisaldavad, elektrit, mis harilikus klooris ja kaaliumis on neutraliseeritud. Järelikult on olemas kaks isesugust kaaliumi: 1) meie laboratooriumide kaalium ja 2) ioniseeritud kaalium, mil esimesega mingit sugulust ei ole.

Nõnda muutub aatom nähtavasti õige kergesti: tarvis aga keha vees sulatada — ja juba ongi ta algelemendid muudetud.

Nähtavasti ei olene radioaktiivsus aatomite raskusest ja teda tuleb vististi seletada teatavate keemiliste reaktsioonidega, mis meile veel tundmatud.

On juhtumusi, kus kaks keha, mis üksikult pole

radioaktiivsed, ühinedes radioaktiivseteks saavad, näit. elavhõbe ja inglistina: elavhõbe läheb kangesti radioaktiivseks, niipea kui temaga natuke inglistina ühineb[1]).

Le Bon'i katsete kinnituseks tõendas prof. Thomson, et suurem hulk kehi on radioaktiivsed, nagu vesi, liiv, savi, telliskivi j. n. e.

Tingimata toob mateeria dissotsiatsioon enesega kaasa nende elementide tasakaalu muutuse, mis aatomi moodustavad. Ainult teistsuguste tasakaalude vormidesse üle minnes kaotab aatom osa oma energiast ja järelikult vabastab midagi.

Maakera terve anorgaaniline elu annab meile sellest tunnistuse, et ta on sihitud oma energia tagavara järk-järgulise vähendamise poole.

b) Sünteees.

8. Aatomite sündimine.

Meie analüseerisime nähtusi, ja see analüüs näitas, et mateeria ilma ülejäägita energiaks muutub ja et, järelikult, mateeria on kokku pandud energiast. Seda oletust arvesse võttes katsume nüüd, ümberpöördult, sünteesi käigus tuttavaks saada kõige olemise evolutsiooniga. Aga kõige tähtsam asi — aatomite sündimine ja edenemine — ei ole siin kaugeltki veel selgitatud. Teadus on tõendanud ainult aatomite lagunemise, tõendanud, et aatom on kokku pandud energiast.

Aga missuguste seaduste põhjal sünnib aineline aatom energiast (elektroonidest)?

1) Vahest selles põhjenevadki tuttavad amalgaami omadused.

Laplace'i teooria järele olid päike ja planeedid esiotsa olemas suure udukogu näol, mille tsentrumis südamik sündis, mis keerles, nagu terve udukogu. Sellest südamikust lahkusid järk-järgult ringid ehk rõngad, milledest pärastpoole maakera ja teised planeedid sündisid [1]). Need massid, esiotsa gaasisarnased, jahtusid pikkamööda, ja kõige selle ruumi, mida enne udukogu täitis, võttis oma valitsuse alla väike ilmade kogu, mis iseenese ja ka päikese ümber keerleb.

Me ei tunne neid seadusi, mille põhjal aatom ilmus, aga kui vaadata aatomi peale kui väikese päikesesüsteemi peale, missugune vaade on praegu teaduses mõõduandev, siis võib oletada, et aatomid on sündinud samasugusel teel kui päikesesüsteem, ja et aatomi elektroonide tasakaal, — selle peale vaatamata, et need elektroonid t i n g i m i s i arvatakse negatiivset elektrit kandvat, — selle tasakaalu sarnane on, mis planeedid ja päikese nende orbiitidel hoiab [2]).

Niisuguse vaate põhjal arvab praeguse aja teadus, et aatomil on ka üks ehk mitu tsentraalosa, mille ümber keerlevad määratuma kiirusega kümned, sajad ja tuhandedki osakesed. Ja need väikesed päikesesüsteemid, aatomid, sünnitavad ühinedes mateeria.

On tuttav, et aatomis on energia määratumal mõõdul kontsentreeritud.

Mõned panevad imeks, kuidas võivad elektri aatomid — elektroonid, mis negatiivset elektrit sisal-

1) Vististi on samasugused rõngad, ainult palju väiksemad, nüüd Saturni ümber näha.

2) Iseäranis suur on sarnasus uuemate vaadete põhjal, mis oletavad, et päike sisaldab positiivset, aga planeedid negatiivset elektrit.

davad, ühineda ja ainelise aatomi sünnitada. Aga ei tohi unustada, et meie seda elektri aatomit *tingimisi* kutsume negatiivseks. „Kui on olemas üksainus elekter, sama, mida siiamaani on võidud eraldada mateeriast, siis on ta just see, mis õnnetul kombel on nimetatud negatiivseks. Igasugused elektri aatomid — elektroonid — on täiesti ühesugused“ (Soddy).

Ometi oleks väga huvitav üleüldisteski joontes tuttavaks saada mõnede hüpoteesidega, mis tahavad seletada, kuidas on ainelised aatomid sündinud elektroonidest. Kordame veel, et need on ainult *hüpoteesid* ja neile ei või teadusliku tõe tähtsust anda.

Nõnda on ühe hüpoteesi järele *neutraalses* (kindlas, mitte aktiivses) aatomis positiivne ja negatiivne elekter tasakaalus (Moseley).

Thomsoni hüpoteesi järele ei ole aatomi aineline mass mitte koondatud mõne teatava punkti ümber, vaid võtab *positiivse elektrivälja* näol terve aatomi oma alla. Elektroonid on aatomis korraldatud ühe või mitme kontsentrilise rõnga kujul ühes tasapinnas. *Sisemiste* rõngaste konfiguratsioon määrab ära elementide üleüldise karaktri ja sugulussidemed, *välised* rõngad on füüsiliste ja keemiliste nähtuste avaldajaiks. Kui välise rõnga küljest lahkub elektroon (mis, nagu teada, *negatiivset* elektrit kannab), siis selle negatiivse elektri kaotuse tagajärjel peab ülejäänud aatomiosa *positiivseks* muutuma, sest negatiivse omaduse kadumine tähendab positiivse omaduse ilmumist. Kui aga positiivse aatomiosa külge ühineb elektroon, siis saab ta uuesti neutraalseks; järgmise elektrooni juureliitumine teeb aatomi negatiivseks j. n. e. Nõnda muutub neutraalne aatom kord

positiivseks, kord negatiivseks „iooniks“. Need vastupidi-sisulised ioonid võivad teineteisega ühineda, mille läbi mitmesuguste olluste neutraalsed kogumoleküülid sünnivad. Järelikult peavad ühed aatomid olema kalduvad elektroone kaotama, teised neid liitma oma välimistele rõngastele. Elektroonide kaotamise kalduvusega peavad olema peaasjalikult metallide aatomid, mis harilikult positiivsisulised on, elektroonide külgeliitumise kalduvusega peavad olema metalloidid, mis harilikes tingimusis on negatiivsisulised.

Rutterford seadis hüpoteesi üles, mille järele aatomi mass, olgugi ta elektrimagnetiline, peab aatomi tsentrumisse koondunud olema ja sünnitama südamiku, mille ümber keerlevad vabad elektroonid, ja et need viimased on negatiivsed, siis on arusaadav, et kui aatom peab olema neutraalne, peab ta südamik olema positiivsisuline. Sellest järgneb, et aatomi südamiku sees, nagu Rutterford seda omale ette kujutab, on olemas „positiivsed elektroonid“. Aga et võimatu on saada positiivseid elektroone, mis oleksid seotud vähema massiga kui üks vesiniku aatom, seepärast arvab Rutterford, et vesiniku aatomi südamik ise ongi üks positiivne elektroon. Niisugune aatom, nagu Rutterford kujutab, ei või kindlas tasakaalus olla paigal püsides; ta võib tasakaalus olla ainult tingimusel, et elektroonid teatava kiirusega ta tuuma ümber keerlevad. Selle poolest on ta planeetidesüsteemi sarnane ehk ka vurri sarnane, kui see käib. Seejuures on (kõige kergemais aatomites) elektroonide sisemised orbiidid keskmiselt ühe kümnemiljardilise sentimeetri osa ($^1/_{10\cdot000\cdot000\cdot000}$ sentim.) suuruseks arvatud, aga välised orbiidid, nagu ka aatom

ise, sajamiljonilise ($^1/_{100\cdot000\cdot000}$) osa suuruseks. Elektrooni liikumise kiirus vesiniku aatomi tuuma ümber on arvatud 6 tuhat biljonit ringi sekundis. Heeliumi elektroonide orbiit on väiksem, aga kiirus suurem.

Kui nende andmete põhjal välja rehkendada elektroonide orbiitidel liikumise absoluutne kiirus, siis saame arvud, mis näitavad läbikaudu kümneid ja sadu kilomeetrid sekundis. Imekspanemise-väärt, et see arv õige ligidalt kokku käib nende kilomeetrite arvuga, mis planeedid sekundis oma orbiitidel ära käivad. Nõnda käib, näit., maakera 29,6 kilomeetrit sekundis.

Tuletame veel Bor'i hüpoteesi meele. Tema oletab, et kahe ühineva aatomi välimised rõngad üksteise poole liiguvad ja üheks rõngaks kokku sulavad. See üks rõngas on siis mõlemail aatomitel ühine ja hoiab nad ühenduses. Suuremais liitmoleküülides sulavad ühe ja sama aatomi kaks või enam rõngast järk-järgult, välimisest alates, mitme teise aatomi välimise rõngaga kokku. Nõnda võib üks aatom elektroonide rõngaste abil, mis tal teiste aatomitega ühised, need teised aatomid endaga ühenduses hoida.

Aatomite keerlev loomus ongi vist nende omavahelise külgetõmbamise põhjuseks. See külgetõmbamine kaob kas tervelt või osalt siis, kui keerlemise energia tervelt või osalt muutub õigejoonelise liikumise energiaks, mis nähtavasti sünnibki elektrooniga, s. o. osakesega, mis aatomi küljest kistud ja temast eemale tõugatud peaaegu valguse kiirusega, mille juures ringijooksuline kiirus on muutunud õigejoonelise liikumise kiiruseks.

9. Aatomite evolutsioon.

Vana usk aatomite ja mateeria igavesusse, mis kakstuhat aastat valitsenud, on uuemate teaduslikkude katsete läbi purustatud. Aga kui aatomid pole igavesed, siis tähendab see, et nad endisel ajal niisugused ei olnud kui praegu. Nad on edenenud. Aga küsime: missugused järjekindlad edenemisjärgud on aatomid läbi teinud?

Täielikku vastust teadus sellele küsimusele ei anna. Aga et osaltki vastust saada, peame täheteaduse (astronoomia) poole pöörama. Spektraalanalüüsi abil teeb täheteadus kindlaks ilmakehade sisemise ehituse ehk koosseisu nende mitmesugustes vanadustes. Seega võib astronoomia spektraalanalüüsi abil kindlaks teha mitte ainult elemendid, millest ilmakehad kokku pandud, vaid ka mõne edenemisjärgu, mis mateeria oma edenemis- (evolutsiooni-) käigus läbi teeb.

Kui akna luugi sisse, maja päikesepoolsel küljel, väikese augu teeme, siis annavad päikese kiired, mis august läbi tungivad, põrandale päikese kujutuse väikese ümmarguse heleda täpina. Aga kui me selle augu ette seame kolmekandilise klaasprisma, serv allapoole, siis läheb see päikese kujutus põrandalt seinale, kuid mitte enam ümmarguse täpi, vaid pika joone näol, mis seitset algvärvi (vikerkaare-värvi) esitab: punast, oraanshi ehk ruuget, kollast, rohelist, taevassinist, sinist ja violetti, millest ongi kokku pandud hele päikese valgus. Seda vikerkaare-värvilist joont kutsutakse päikese spektrumiks. Spektrum näitab, et hele päikese valgus on liit- ehk kokkupandud valgus.

Kes ei tunneks vikerkaare-värve ja nende järkjärgulisi üleminekuid punasest violetini! Aga on kindlaks tehtud, et tagapool violetti jaoskonda spektrum veel edasi läheb, ehk me seda küll ei näe. Seda nägemata osa spektrumist kutsutakse ultraviolett-jaoskonnaks (ultraviolett-kiirteks). Punase jaoskonna taga on infrapunane spektrumi jaoskond ehk infrapunased kiired, mida meie silmad ka ei seleta. Mõlemad nägemata spektrumijaod kokkuvõetult on mitu korda suuremad kui nähtav spektrum. Järelikult näeme päikese spektrumist ainult väikese osa.

On tuttav, et tuliseks aetud keha spektrumi ultraviolett-jaoskond seda laiem on, mida kõrgem on keha temperatuur. Me teame ka, et ühe ja sama metalli spektraaljooned muutuvad, selle metalli temperatuurist olenedes. Arvatakse, et liitkeha spektrum, mida me madalas temperatuuris näeme, on tema moleküüli spektrum, ja kui temperatuur tõuseb, siis näeme selle spektrumi asemel aatomite spektrumi.

On tuttav, näit., et plaatinatraat ehk süsi, kaarlambis elektrivoolu läbi palavaks minnes, esiotsa punaseks, pärast tugevama voolu mõjul kollaseks ja viimaks, sedamööda kui vool kõveneb, ikka valgemaks läheb. Sellega ühes tõuseb ka temperatuur. Nõnda võime kuumutamises sündiva värvimuutuse põhjal ära määrata temperatuuri. On valguselaine pikkus teada, võib õige kergesti temperatuuri välja arvata. Tarvis ainult 2,89 jagada laine pikkusega, mis millimeetrites üles antud. Saadud arv näitab tähe absoluutset temperatuuri. Kui sellest 273° maha arvame, saame tempera-

tuuri Celsiuse järele. Näit. päikese soojuse maksimum on 0,00055 mm. laine pikkuse juures (kollarohelises spektrumi-jaoskonnas). Siit järgneb, et päikese pinnakorra (fotosfääri) absoluutne temperatuur on 5255° (2,89 : 0,00055 = 5255 ligikaudu), mis umbes 5000° Celsiuse järele välja teeb. Aga et maakera õhukiht ja päikese oma atmosfäär päikese valgusejõudu vähendavad, seepärast peab päikese soojus suurem olema kui eespool nimetatud. Teaduslikkude oletuste põhjal arvatakse päikese soojus praegusel ajal 6200° peale Celsiuse järele.

Spektrumite tundmaõppimiseks tarvitatakse spektroskoopi. Tuliste kõvade ja vedelate kehade spektrum on terve, aga tulised aurud ja gaasid annavad joonelise spektrumi. Iga olluse aurudel on teatavail tingimusil oma kindel spektrum, mis teiste olluste aurude spektrumitest lahku läheb.

Näituseks näeme naatriumi aurude spektrumis ainult kollast joont, mis ikka ühes ja samas kohas ilmub, kuna muu osa spektrumist tume on.

Iga olluse jooned on nii kindlad, et kui me mõne keha aurude spektrumi vaatleme, võime julgesti oletada, missugustest ollustest see keha koos seisab.

Kui tulise kõva ehk vedela keha valged (värvita) kiired läbi lähevad mõne olluse aurudest, siis ilmuvad selle keha terve spektrumi sisse mustad jooned just neile kohtadele, kus muidu nende aurude värvilised jooned seisavad. (Võrrelda naatriumi ja vesiniku spektrumid päikese spektrumiga!)

Näit., kui nende kiirte tee peale, mis tugevast valguseallikast (näit. elektri kaarlambist) tulevad, pai-

gutame tuleleegi, mis naatriumi aurust kollaseks värvitud, näituseks piirituselambi tuleleegi, mille piirituse sisse on natuke keedusoola (NaCl) sulatatud, siis lähevad kõik kiired, mis värvita (valge) valguse sünnitavad, ilma tunduva muutuseta seesugusest tuleleegist läbi, peale kollaste kiirte, mis ära neelduvad. Laseme need kiired tuleleegist väljatulemise järele spektroskoopi, siis saame terve spektrumi, mida aga must joon läbi lõikab just sealt kohast, kus oleks pidanud naatriumi kollane joon seisma.

Sellest näeme, et aurud neelavad just niisugused kiired, missuguseid nad ise annavad. Nõnda on võimalik spektrumi mustade joonte järele otsusele jõuda, missuguse olluse aurust on läbi käinud need kiired, mis spektrumi sünnitavad.

Näituseks on päikese spektrumis palju musti jooni. Kui neid jooni võrdleme mitmesuguste olluste aurude spektrumite värviliste joontega, siis näeme, et selles tuliste aurude ja gaaside kihis, mis päikese ümber, leidub rauda, naatriumi, tsinki, vaske, vesinikku ja palju teisi olluseid, mis maakeralgi tuntud.

Niisugust kehade kokkuseade tundmaõppimise viisi kutsutakse spektraal-analüüsiks. Spektraal-analüüs annab võimaluse ära tunda ollust ka siis, kui teda teatavas kehas kõige väiksemalgi mõõdul olemas on.

Spektraal-analüüsi abil võib selgusele jõuda ka, kas nõndanimetatud udukogud taevalaotuses on gaasisarnased kehad või tähtede kogud, milles üksikuid tähti isegi kõige suuremate teleskoopide abil võimalik ei ole näha: on udukogu spektrum jooneline, siis on

ta gaasisarnane, on aga spektrum terve, siis on meil tegemist tähtede koguga või vähemalt niisuguse gaasisarnase udukoguga, mille hulgas ka tähti on.

Nõnda teeb spektroskoop meile võimalikuks teada saada, missuguseist elementidest on taevakehad kokku pandud, ja kindlaks teha, missugused muutused tulevad ette neis kehades nende temperatuuri muutuse tagajärjel.

Tähendab, ilmakehade evolutsioon tõstab natuke saladusekatet aatomite evolutsiooni salapäraselt väljalt.

Aga ilmakehade evolutsioonist rääkides on meil oluliselt tegemist juba kõrgete temperatuuride keemiaga, millega peame tutvuma, olgugi ainult kõige üleüldisemais joonis.

Keha temperatuuri tõusmine või langemine oleneb sellest, kas tema jaokeste — moleküülide — liikumise kiirus suureneb või väheneb.

See kiirus langeb nullini miinus 273-kraadilises temperatuuris Celsiuse järele (—273° C.). Temperatuur rohkem enam langeda ei või. Seda kõige madalamat temperatuuri kutsutakse absoluutseks nulliks.

Et temperatuur alla —273° C. ei või langeda, seda on teiselgi teel võimalik seletada: Kujutame omale ette teatud hulga gaasi 0° temperatuuris. Hakkame seda gaasi jahutama, ühe ja sama rõhumise all. Kui ta temperatuur on esialgsest temperatuurist 1 kraadi võrra langenud, siis näeme, et gaasi maht on endisest mahust $^1/_{273}$ võrra vähenenud. Kui temperatuur kahe kraadi võrra langeb, väheneb maht $^2/_{273}$ võrra algus-lisest mahust j. n. e. Tähendab, temperatuuri igakordse langemisega 1 kraadi võrra esialgsest tempera-

tuurist väheneb maht $^{1}/_{273}$ osa võrra. Seepärast, kui maht on vähenenud $^{273}/_{273}$ osa võrra (edasi ei ole tal enam võimalik väheneda), siis peab gaasil olema temperatuur —273°. Tegelikult ei ole seda küll kätte saadud. Vedela heeliumi saamisel jõuti temperatuurini —271°.

Kõige kõrgema temperatuuri määrab ära molekuülide kõige suurem liikumisekiirus, s. o. valguse liikumise kiirus, nimelt 300.000 kilomeetrit sekundis. Mispärast just valguse liikumise kiirus on piiriks aineliste osakeste liikumise kiirusele, s. o. mispärast ei või ainelised osakesed kiiremini liikuda kui valgus, seda ei ole käesoleva õpiraamatu piirides võimalik pikemalt seletada, nagu ka võimalik ei ole puudutada neid teaduslikke tõendusi, mille põhjal kõige madalam ja kõige kõrgem temperatuur ära määratakse.

Kõige kõrgemate temperatuuride valla leiame päikeselt ja teistelt tähtedelt. Maksimaalse temperatuuri teoreetiline piir ulatab 7 miljardi kraadini. Aga niisugusele temperatuurile ei pääse me ligi uurimise ega vaatlemise otstarbega.

Arvatakse, et päikese pinnakorra temperatuur on, nagu eespool tähendatud, umbes +6200° C. Tähendab, temperatuuri vald, millele me ligi pääseme vaatlemise ja osalt ka uurimise otstarbega, on piiratud ühelt poolt absoluutse nulliga (—273°), teiselt poolt päikese atmosfääri temperatuuriga. Kõige kõrgem temperatuur aga, mis võimalik on maakeral kätte saada, ulatab peaaegu 4000°.

Väga tähtis on see asjaolu, et temperatuuri tõusmisega suureneb elementide keemiline sugulus. Hapnik näit. ei ühine lämmastikuga temperatuuris, mis alla

2000°, ja et elemendiline hapnik päikeses olemas on, seepärast ei või seal vabas olekus elemendilist lämmastikku olla, sest et ta sealse kõrge temperatuuri pärast kohe hapnikuga ühineks. Nõnda leidub päikese peal ühendusi, mida maakeral ei ole. Teiselt poolt — enam jagu ühendusi, mis maakeral ette tulevad ja võimalikud on, ei või päikeses olemas olla dissotsiatsiooni põhjusel. Teiste sõnadega — päikeses ja tähtedes on palju kehi, mida meie, madala temperatuuri elanikud, arvame elementaarseteks, veel elementaarsemaiks vormideks lahutatud [1]).

Ilmakehade esimeseks evolutsiooniastmeks on udukogud. Udukogude spektrumid on kindlate gaaside, näit. vesiniku või süsiniku produktide spektrumi sarnased.

Tihenedes sünnitasid gaasisarnase udukogu elemendid uusi mateeria edenemise astmeid, mis tähtede sündimisega lõppesid.

Valguse järele otsustades, mida tähed enesest saadavad, jagatakse tähed valgeiks, kollasteks ja punasteks. Valgeil tähtedel on kõige kõrgem temperatuur ja nad on kokku pandud peaasjalikult vesinikust või aga heeliumist ühes hapnikuga. Nii arvatakse näit. valged tähed Siirius ehk Orjatäht ja Lüüra ehk Vanad Reinad kokku pandud olevat ainult tulisest vesinikust. Tähtedes, mis jahtuma hakkavad (kollased ja punased tähed), ilmub järk-järgult teisi keemilisi

1) Selles põhjenebki praegune õpetus päikese soojuse tagavarast. Aatomites on määratu energia-tagavara potentsiaalses seisukorras. Aatomite dissotsiatsiooni puhul vabaneb see energia sel määral, et ta peaaegu ära tasub iga-aastase päikese-energia kulu.

elemente, kõige pealt magnium, kaltsium, siliitsium (räni) j. n. e.

Meie päikene, mis enne oli valge täht, kuulub nüüd kollaste tähtede hulka. Pealpool helkivaid päikese pilvi (fotosfääri), mis meile oma kiiri saadavad, on suured gaasimassid (päikese atmosfäär), mis eneses sisaldab suurema osa maapealseid elemente: rauda, magniumi, kaltsiumi, naatriumi ja kaht kõige kergemat gaasi — heeliumi ja vesinikku, mida iseäranis päikese atmosfääri välimistest kihtidest leitakse.

Üleüldse, mida kõrgem on tähe temperatuur, seda vähema arvu keemilisi elemente sisaldab ta eneses. Temperatuuri langemisega kasvab keemiliste elementide arv.

Nende teaduslikkude andmete põhjal jõutakse otsusele, et temperatuuri langemisega käisid aatomid läbi ikka uutest ja uutest edenemisastmetest ja sünnitasid lõpuks suurema osa lihtkehi.

Aga ei tule arvata, et temperatuur ainukeseks aatomite evolutsiooni põhjuseks on. Aatomite evolutsiooni peale avaldavad mõju mitmesugused põhjused, nende seas iseäranis — rõhumine.

Sellega oleks õieti lõpetatud peatükk aatomite evolutsioonist, aga edaspidi tuleb meil tegemist veel ühe küsimusega, millega siin paras koht oleks tutvuda. See on tasakaalude küsimus.

Olluseid, mis oma elementidest sündimise puhul soojust neelavad (ära tarvitavad), kutsutakse endotermilisteks ühendusteks (näit. lõhkevad ühendused j. n. e.). Nemad on nõndanimetatud ebatasakaalus. Nad sünnivad kõrgeis temperatuurides ja lagunevad madalais temperatuurides.

Ühendusi, mis oma sündimise puhul soojust välja annavad, kutsutakse eksotermilisteks. Nad sünnivad madalais temperatuurides ja lagunevad koost soendamise puhul (näit. vesi, soolad j. n. e.).

Madalad temperatuurid on pikaliste keemiliste protsesside ja ebatasakaalude vald.

Keskmiste temperatuuride juures on suurem osa keemilisi protsesse rutulised ja on sihitud eksotermiliste ühenduste sünnitamise või täielise endotermiliste ühenduste lagunemise poole.

Kõrgeis temperatuurides on aset ümberpöörduvad keemilised protsessid, mis olenevad osalisest eksotermiliste ühenduste lagunemisest või ka osalisest endotermiliste ühenduste sündimisest. 'See on, ümberpöörduvates protsessides lagunevad ühendused või sünnivad oma komponentidest ainult teatud piirini, mis ripub temperatuurist.

Järelikult on mateeria elemendid alalises liikumises: tükk tina, kivi, mäeahelik — on ainult nähtavasti liikumata. Nad elavad kõik ümbruse muutused läbi, muudavad alati oma tasakaalusid, et ennast nende muutuste kohaselt seada.

Me ei või mitteainelistest osakestest (elektroonidest) teha midagi, mis aine (mateeria) sarnane oleks, sellepärast et meie võimuses ei ole, muu seas, nii suurt energia-tagavara, mis ära kulub ainelise aatomi kokkuseadmiseks.

Kolossaalse jõuga ja väga pika aja jooksul võis loodus need võrdlemisi kindlad tasakaalud luua, mida me ainelistes aatomites leiame.

Vististi oleneb lõpmata pikaline kosmose evolut-

siooni käik neist määratu suurtest ajajärkudest, mida nõuavad aatomite muutused.

Söel ja teemandil on sama keemiline kokkuseade, — mõlemad on kokku pandud süsinikust: nad annavad sama ühenduse — süsihappe. Aga kuidas võivad samad elektroonid mitmesuguste kehade aatomitele nii mitmesugused omadused anda — see nähtus on alles täiesti selgitamata. Õpetlased jõuavad arvamisele, et kehade mitmekesised omadused olenevad peaasjalikult mitmekesisest aatomite ehitusest.

Pöörame nüüd oma tähelepaneku ainuüksi tulisele maakerale, et tema anorgaanilise looduse kaugemat evolutsiooni vaadelda.

10. Vee ja õhu sündimine.

Praeguse aja üleüldiselt maksvaks tunnistatud seletuse vee sündimisest on geoloog Ed. Suess kokku seadnud. Selle seletuse järele on vesi sündinud ja sünnib praegugi maa sügavuses. Palavate allikate vett nimetas Suess seepärast nooreks, puhtaks veeks, mis esimest korda valgust näeb. Seda vett aga, mis juba maapinnal vedelas olekus olemas, hakati kutsuma rändavaks veeks.

Suess'i ideedes põhjeneb meie aja arusaamine maakera jahtumisest. Olgu sellest siin väike pilt. Aegamööda tõmbub maakera koomale, mõnes kohas murdub kest, tekib sügavaid lõhesid ja pragusid, mida mööda sügavusest üles tõuseb noori vesi ja noori gaase, ja aegamööda jahtudes annab maakera koor oma põuest välja suuri lendavate ühenduste ja aurude tagavaru. Nõnda läks edasi maakera

jahtumine, ja pikkade geoloogiliste ajajärkude vältusel luues ookeani ta sooladega, lõid need protsessid ka meie atmosfääri peaaegu sel näol ja selles kokkuseades, nagu me neid praegu näeme.

Ütleme: „peaaegu sel näol", sest et õpetlased arvavad võimalikuks, et väljasurnud organismide eluavalduste jaoks osalt teist moodi elemente tarvis oli, kui need, mille varal orgaaniline ilm praegu elab.

Kui maakera päikese udukogust erines, oli tal isegi välimistes kihtides kõrge temperatuur. Selle temperatuuri juures ei jõudnud ta kauaks oma lähedal hoida kergemaid gaase, nagu vesinikku ja heeliumi. Raskemad gaasid, nagu lämmastik ja hapnik, jäid tema juure. Esialgne rohke vesinik, nagu ka heelium, kadusid nõnda juba enne ära, kui maakera koor sündis; nõnda oli maakera atmosfääris, kohe peale maakera koore sündimist, ainult natuke hapnikku ühes suure hulga lämmastiku, süsihappe ja vee auruga. Enam jagu praegusest õhu hapnikust eraldus pärastpoole taimede läbi süsihappest. Ilmakehade ümbert kaob pikkamööda nende õhukiht. Gaasid kaovad õhust seda rutemini, mida kergemad on nende moleküülid ja mida väiksem on ilmakeha mass. Sellega seletub asjaolu, et väikesed ilmakehad, nagu Kuu ja Merkuur, on juba peaaegu kõik oma atmosfääri kaotanud.

Seda aega, kus palaval maapinnal veel vedelat vett ei olnud, s. o. neid tingimusi, mis maakeral orgaanilise elu ilmumise eel käisid, kirjeldab väga elavalt professor A. P. Pavlov: „Ookean ei valitsenud veel maa üle ehk oli ta pinnal saanud ainult mõned kohalised võidud. Mannermaa, mitte

ühetasa soendatud, rohkearvuliste vulkaanidega, mis natuke teist tüüpi kui praegu, ja palava vee allikatega, võttis peaaegu kogu planeedi pinna oma alla. See oligi maakeral kõige vanem kõrb.

Aga juba sel ajal oli võitlus käimas maakera pärast, sest et ei olnud ühesarnasust, ei olnud üleüldist tingimuste sarnasust. — Algaegsed tormid panid maakera atmosfääri võimsate hirmsate kontsertidega värisema. Ajutised suured vihmasajud uhtsid metsikuist kaljumägede orgudest otsata ja surnud lagendikkudele mitmesuguseid murenemisprodukte. Päike saadab oma kuumust ülevalt nendesse kohtadesse, kus külmad mäetipud veeaurusid pilvedeks ei koonda. Meri ei ole veel sündinud või alles sünnib noore planeedi sügavamais madalikes. Nende all, alles maapinna lähedal, on kivistunud kesta sisse vangistatud päikesemassi tükike — tulipalav maapõu. Kohati voolab ta veel võimsate jõgedena maapinda mööda, andes värsket kivimaterjaali tulevaste murenemisprotsesside jaoks, ehk virutab sügavusest üles uusi aurude masse — tulevase mere loojaid.

Aurude ja gaaside raske atmosfäär piiras veel palavat maad, ja temperatuuri juures, mis kriitilisest temperatuurist kõrgem (366° C.), ei võinud veel olemas olla ookeani.

Aga pikkamööda ja järjekindlasti jahtus maakera, jahenes atmosfäär, ja keeva vee ojad koondusid palaval kõrvepinnal, sündides aurudest ja muutudes aurudeks. Nõnda kogus jahtunud gaasidest kokku esimene meri. Ja sellest ajast peale hakkas noore ookeani rüppe voolama puhast, noort vett, mis alles siinsamas sündinud. Kes ütleb, kui palju seda vett

on tänapäevani sündinud, ja kes tahaks tõendada, et maakera esialgne atmosfäär ka k õ i k praeguste ookeanide vee sisaldas?“

Rändav vesi täitis maasügavustes rännates määratu suure keemilise ülesande, lõhkudes mineraale, sulatades sooli, ümber kristalliseerides sademeid. Arusaadav, et ainult vee ilmumisega sai maakeral võimalikuks orgaaniline elu, sest et ainult veest oleneb ta olemise- ja edenemisevõimalus: vett sisaldab iga organism, nõnda näit. on teda inimese kehas kuni 69 %.

II.

Orgaaniline loodus.

1. Rakk kui eluüksus.

Iga taim ja iga loom seisab koos harilikult suurest hulgast rakkudest; vähem on neid organisme, kes elavad üksiku rakuna. Igal rakul on protoplasma, südamik ja veel kest (joon. 6), mis võib olla mitmesuguse paksuse ja tihedusega.

Me teame, et loom kui ka taim elab. Kuid kas on nende iga osa, iga rakk elus? Kas on ühteviisi elusad mitmesugused raku osad ja rakus ettetulevad sünnitused? — On leitud, et elusad raku osad on protoplasma ja südamik. Ainult protoplasma ja südamik tarvitavad olluseid, liiguvad ja jagunevad. Kui infusoor ehk amööb, mis koos seisavad protoplasmast ja südamikust, pooleks lõigata, nõnda et teine pool jääb ilma südamikuta, siis sureb välja see pool, millel puudub südamik. Protoplasma elu ei ole võimalik ilma südamikuta. Protoplasma võtab vastu mitmesuguseid olluseid ja tema tegevusel sünnivad teised raku osad, nagu kest, rasvatilgad, õõned, tärklisterad jne.

Plasmolüseerunud taimerakus valmistab protoplasma enesele uue tselluloosist kesta. Kest ei kasva iseseisvalt, ei jagune, ei vaheta olluseid: ta on surnud

saadus, mille protoplasma sünnitanud. Mingisuguseid elu tundemärke ei avalda rakus peituv õõnevedelik, rakus sündinud tärklisterad, rasvatilgad, räninõelad, lubjakristallid ega teised sarnased sünnitused. Ainult protoplasma ühes südamikuga sünnitab elusa raku, mis võib luua teised osad, kas kaitseks (kesta) või muuks otstarbeks. Ei ole teada lihtsamat elusat üksust kui rakk — protoplasma ühenduses südamikuga. Rakk on elus algüksus ehk algosa, millest on ehitatud kõiksugu loomad ja kõiksugu taimed. Rakk on elus ehituskivike, mis moodustab iseseisva eluvõimelise, bioloogilise terviku. Rakust kasvab jagunemise teel suureks iga taim ja loom. — (Mispärast on punaste vereliplede iga lühike?)



Joon. 6. Taimerakk protoplasmaga, mil jämeda võrgu nägu, ja ümmarguse südamikuga.

Sagedasti on suur osa organismist elutu ollus. Puu sisemine osa pole muud kui aina surnud ollus. Protoplasma on sealt kadunud, järele jäänud puitunud tselluloskestad. Palju on taimedes endisi rakkusid, kust protoplasma ja südamik kadunud, nimelt veel kiudsoonte-kimpudes ja koores. Taime kui ka looma kattekude on surnud: nende rakkude protoplasma on sagedasti väliste tingimuste mõjul ära kuivanud. Surnud on sarvollus, hitiin, teokarp, karvad, juuksed (mitte alusosas) ja küüned.

Luu ja krõmpsluu põhiollus on surnud, elusad on ainult nende rakud. Põhiollus on tekkinud rakkude protoplasmast väljaheitmise või muutumise teel.

Protoplasmal on sarnasust hariliku kana-muna-munavalgega, niihästi koosseisu ja kõvaduse kui ka värvi ja läbipaistvuse poolest. Keskmise suurenduse juures näib ta süldisarnane või teraline ollus olevat. Vaadates protoplasmat mikroskoobi all, mis kuni 3000 korda suurendab, on näha, et tal on imestamisväärt peenike ehitus ehk struktuur. Võib näha, nagu seisaks protoplasma koos väikestest mullikestest — vahust, või niitidest, või terakestest. Selle järele kujutatakse protoplasma struktuuri mitmeti ette. Iseäranis on katsutud näidata, et protoplasmal on tõesti vahutaoline struktuur. Elutuist ollustest on väga kerge vahutaolise struktuuriga segusid valmistada.

Võtame provangsõli, puistame sinna harilikku peenikest potassipulbrit ja natuke tahma sekka. Paneme natuke sellest segust mikroskoobi alla, mõne tilga täiesti puhast vett juure lisades. Me näeme peenikest seebivahtu, mis otsani koos seisab ülipeenikestest mullikestest ehk toobikestest. Iga niisuguse mullikese seinad on ehitatud õlist, mullikese sees — vesi, aga vahu sõlmekohtades, kus mullikeste õliseinakesed üksteisest läbi käivad, on tahmaterakesed aset leidnud (Bütschli).

Kujutatavate protoplasmatoobikeste seinakesed on ehitatud elusa organismi algmaterjalist, aga nurkade kohtadesse, kus toobikeste seinad kokku lähevad, on paigutatud elusa olluse mikroskoobilised terakesed, nõndanimetatud mikrosoomid ehk

graanulid. Toobikeste sees on mahl (rakumahl ja südamikumahl).

On aga põhjust arvata, et protoplasmal on vedelteraline või niidiline struktuur. Vaadeldes amööbi liikumist ehk liikumist taimerakus, on raske teisiti arvata. Sellest teeme veel hiljemini juttu.

Palju rohkem ei olegi enam kindlaid teadmisi elusa olluse ehitusest ehk struktuurist.

Protoplasma kokkuseades on palju vett, harilikult märksa üle 70%. Protoplasma kuivolluses on kõige enam munavalget, harilikult kaugelt üle poole. Munavalgeollus sisaldab elemente järgmiselt:

süsinikku	50—55 %
lämmastikku . . .	15—19 „
vesinikku	6,6—7,3 „
hapnikku	19—24 „
väävlit	0,3—2,4 „

Rasva ja letsitiini[1]) on protoplasmas kuivolluse kohta üle 10%. Tema sisaldab alaliselt veel väikesel määral mineraalolluseid, nimelt: naatriumi, kaaliumi, kaltsiumi, magniumi ühenduses vosvor-, väävel- ja teiste hapetega (fosfaadid ja sulfaadid).

Selle tagajärjel, et munavalge koos seisab amiinhappeist (neid on 19), mis võivad väga mitmekesiseid kombinatsioone anda, on protoplasma peenem kokkuseade ütlemata mitmekesine. Arvatakse, et ei ole kaht elusat organismi, kelle protoplasma kokkuseade oleks täiesti ühesugune. Peab arvama, et mitmesugustes kudedeski on isesugune protoplasma. Taime-

1) Rasvataoline ollus, mis sisaldab vosvorit.

rakkude protoplasma läheb oma keemilise kokkuseade poolest natuke lahku loomaorganismi protoplasmast, kuid see lahkuminek on väike sarnasuse kõrval. Mõlemad organismide riigid on oma elusa olluse ehituses õige s a r n a s e d!

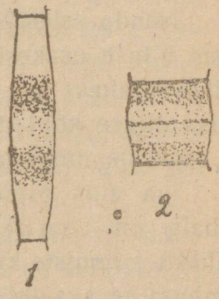
Paljud vaatlemised lasevad arvata, et protoplasma ja südamik l i i g u v a d alati, ehk küll rakk seejuures oma vormi ei muuda. See on nõndanimetatud sisemine raku liikumine. See liikumine on mitmesugune. Mõnedes taimedes (näit. vesikatku rakus) liigub protoplasma tasakesi raku kesta all, üht ringi teise järele tehes. Mõne teise taime rakus voolab protoplasma laia joana üles, laguneb alla kukkudes fontaaniks (purtskaevuks), peenikesi vooluniidikesi sünnitades, mis alla jõudes keskjoaga jälle kokku voolavad, temaga uuesti üles tõusevad j. n. e.

Aga iseäranis huvitav on see „elusa mateeria" liikumine nendes rakkudes, millest on kokku pandud nõgese või kõrvitsa õrnad karvakesed.

„Protoplasma peenikestes niitides liiguvad mikrosoomid üksteise järele reas, nagu haned jadas, harva teineteise otsa hüpates ehk teiste vahelt edasi tungides. Aga natuke jämedamais niitides rändavad samad terakesed kahelt, mõnikord ka mitmelt realt, kord ühele poole, kord teineteisele vastu. See vaatemäng läheb iseäranis toredaks, kui ühes mikrosoomidega reisile lähevad tärkliskuulikesed ja raku südamik. Kärmesti ruttavad siis edasi väikesed mikrosoomid, teed puhastades ja enesega ühes viies suuri ja raskestiliikuvaid tärkliskuhjakesi, mis üksteise vastu põrgates suure vaevaga tihedast mikrosoomide hulgast läbi rüselevad. Ja kõigi nende raku elanikkude järel aegamööda, uhkesti ja just nagu vastu tahtmist astub kuninglik südamik" (Lunkevitshi järele).

Niisamasugust protoplasma liikumist võib leida mõnedes üherakulistes loomades, nagu näit. on juurjalalised — groomiad ja amööbid.

Protoplasma liikumisel on suur tähtsus raku elu kohta: ta aitab ühetasaselt jaotada toiduolluseid, mis rakk vastu võtnud ja ümber töötanud (taimel iseäranis tähtis!). Ta aitab nähtavasti ka olluste vahetamises kaasa. Sama protoplasma voolamine annab rakule võimaluse liikuda ühelt kohalt teisele, kus niisugune liikumine üleüldse võimaldatud, nagu amööbil. Protoplasma voolused lähevad raku keskelt väljapoole; kohad, kuhu voolused sihitud, paisuvad üles, sünnitavad harusid, mida pseudopoodideks ehk ebajalgadeks kutsutakse. Selle tagajärjel liigub terve amööb vähehaaval, nagu roomates, ühele või teisele poole.



Joon. 7. Lihaskiukese segment 1. rahus ehk lõtv, 2. kokkutõmbunud. On näha, kuidas tume ollus on kokkutõmbumisel heledamaks muutunud ja hele tumedamaks.

Amööbi kombel liiguvad ka fagotsüüdid ehk valged vererakud kõrgemate loomade organismis. Lõpuks, protoplasma liikumisest oleneb mitmesuguste mikroorganismiripsmete ja vibukate liikumine ja ka kõrgemate loomade vööditiste lihaste kokkutõmbumine.

Lihas on kokku pandud lihasekiududest, iga kiud — paljudest kiukestest ehk fibrillidest (joon. 7). Iga fibrill seisab koos segmentidest, mis meele tuletavad terve rea üksteise otsa seatud mikroskoobilisi vaadikesi, heledate vitsadega. Järelikult on igal segmendil üks tume ja kaks heledat osa. Kui segmendi heledate osade ollus üle läheb ta tumedasse osasse, muutub segment jämedamaks ja lühe-

maks, ja et see sünnib kõigi segmentidega korraga, siis läheb selle tagajärjel fibrill lühemaks, ja kõik fibrillid ehk terve lihas tõmbub kokku. Läheb segmendi hele ollus tagasi oma valitsuskonda, siis lähevad kõik fibrillid — terve lihas pikemaks, sirgub.

Siledad lihased aga eraldavad kokku tõmbudes vedelikku, mis üksikute lihasekiudude vahele jääb, ja sirgudes neelavad nad selle uuesti enesesse.

Nõnda seletub lihaste kokkutõmbumise mehhanism olluse osakeste ümberpaigutamisega. Igal pool, niihästi taime- kui ka loomariigis, näeme üht ja sama: elusa olluse kokkutõmbumise ja sirgumise vaheldust ta osakeste ümberpaigutamise põhjal.

Iga elus protoplasma, olgu taimes, loomas või vabalt, on tundlik, s. o. ta võib kokku tõmbuda niihästi sisemiste kui välimiste ärrituste mõjul. Kokkutõmbumine avaldub harilikult kuulikujuliseks tõmbumises. Kokkutõmbumine sünnib sagedasti automaatselt, korrapäraselt, nagu näituseks üherakuliste tuikava õõne kokkutõmbed. Seejuures tuleb seda sõna „kokkutõmbumine“ mõista ses mõttes, nagu teda harilikult bioloogias tarvitatakse, s. o. kui palju protoplasma ühes kohas kokku tõmbub, niipalju läheb ta teises kohas laiemaks, mille tagajärjel muutub ainult protoplasma välimine kuju, aga mitte ta maht. Füüsikas aga mõistetakse kokkutõmbumise mõiste all niisugust nähtust, mille tagajärjel keha maht väheneb.

Liikumine on töö. Tööks kulub aga jõudu — energiat. Kust saab rakk energia? — Ollustest, milles peidetud päikese valguse energia. Iga rakk peab elamiseks saama tarvilisi olluseid, mis võivad kergesti laguneda ja peidetud energia enestest rakule kasus-

tada anda. Asjalugu on nõndaviisi, et rakk valmistab enesele vastuvõetud ollustest protoplasma, mis tegevuse ajal laguneb. On täiesti kindel, et protoplasma võib laguneda tegevuse puhul. On kindel, et protoplasma on üleüldse väga kergesti muutuv ja lagunev (labiilne) ollus. Ta on mittepüsivas tasakaalus. Lagunemise ehk oksüdeerumise lõppsaadustena sünnivad ollused, milles vähe energiat (CO_2, H_2O jne.), mis on püsivamas tasakaalus. Niisugused ollused, kui mittetarvilikud, heidab protoplasma enesest välja. Üherakulistel on tuikavad õõned ehk vakuoolid, mis need ollused ühes veega välja purskavad. Nõnda käib protoplasma tekkimine ehk „sündimine" käsikäes lagunemisega ehk „suremisega".

Südamik on vammisarnase massi moodi, mille vahedes on südamikumahl. Südamikus on veel mingisugune ollus peenikeste niidikeste näol, liniin, siis on südamiku sees veel üks või mitu südamikest ja ümber — õrn kestake, mille läbi südamik protoplasmast lahutatud. Ilma südamikuta rakuosa sureb, sest nähtavasti ei suuda ta enam uut protoplasmat luua, toitu assimileerida. Toidu vastuvõtmise ja liikumise võime on tal veel olemas. Arvatakse, et toiduollused (vähemalt mõned) kõige pealt tungivad südamikku, kus nad ümber töötatakse ja siis alles protoplasmale tagasi antakse. Raku poolitamise katsed näitavad küllalt selgesti, et protoplasma ja südamiku tegevus — selle järele ka ollustevahetus, liikumine, ärritatavus — olenevad üksteisest, kaastöötamisest. Mõnedes rakkudes ei ole leitud südamikku; niisugusel korral oletatakse, et südamiku ollus on tingimata olemas, ta on ainult protoplasmas laiali, korraldamata.

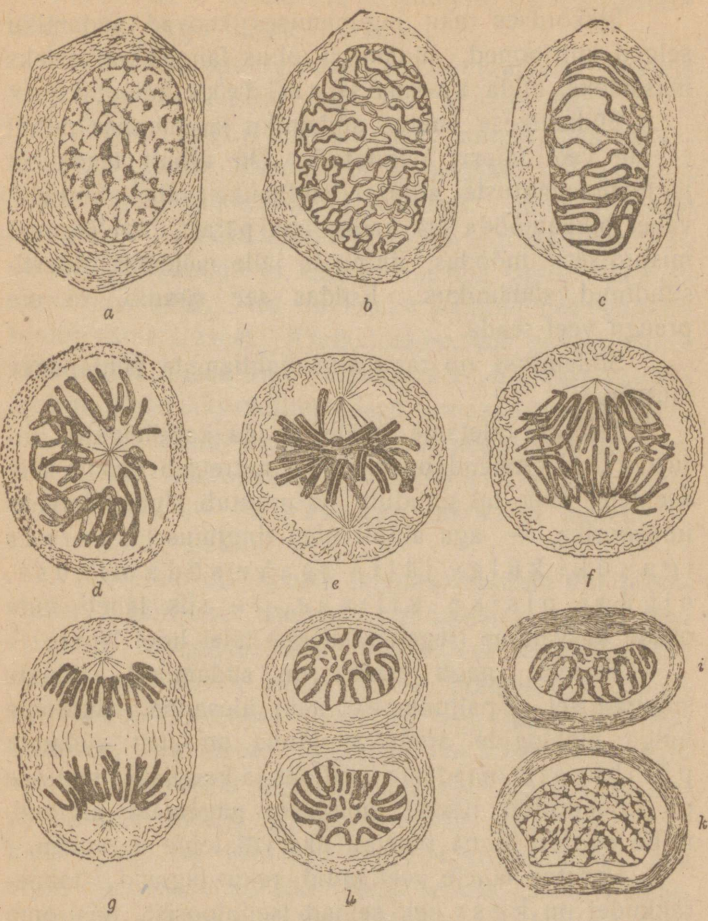
Peale protoplasma ja südamiku võib rakus veel nende kahe vahe peal vaevalt nähtavat läikivat kehakest märgata, mille juurest protoplasma kiired, just kui päikese kroon, igale poole laiali lähevad. Need kiired on iseäranis selgesti näha raku jagunemisel. Seda väikest kehakest kutsutakse teatavasti tsentrosoomiks. Ta suurus on tõesti „naeruväärilіne“: nööpnõela-pea suurusse mahtu läheb 100.000.000.000 tsentrosoomi (joon. 8).

Tõuseb küsimus: missugune nendest jagudest (protoplasma, südamik, tsentrosoom) on kõige tähtsam? — Meie aja teadus annab järgmise vastuse: Igaühel nendest on oma teatav kindel eluline tähendus ja seepärast ei ole mingit tarvidust üht nendest tähtsamaks pidada kui teist.



Joon. 8.
Salamandri tõugukese valge vererakk. On näha hobuseraua moodi südamik, aga tema kumeruse vahel tsentrosoom.

Raku jagunemisprotsess algab nähtavasti tsentrosoomi käsul, ta algatusel algab see ülihuvitav ja keeruline protsess. Kõige pealt jaguneb tsentrosoom ja selle järele hakkab kõik südamiku masinavärk liikuma. Tsentrosoomist saab kaks uut tsentrosoomi, mis aegamööda teineteisest lahkudes südamiku vastasseisvaile külgedele asuvad, mõnikord aga südamikust kaugele protoplasmasse tungivad. Selle järele jaguneb südamik ja lõpuks kogu rakk kaheks rakuks, igaüks oma südamikuga, südamikesega ja protoplasmaga (joon. 9).



Joon. 9. Mitootiliselt jagunevad epiteelrakud: *a* — triitoni larvi, *b*—*k* — salamandri larvi; *a* — rakk, mille tuum harilikus rakuolekus, *b* — tihe kägar, *c* — hõre kägar, *d* — kägara lõpustaadium, ühe naba poolt vaadatult, *e* — tähe (aster) staadium pikuti pooldunud kromosoomidega, *f* — metafaasi staadium, *g* — tütartähtede staadium, *h* — tütarkägarad, protoplasma on pooldunud, *i* — hilisem tütarkägar, *k* — üleminek puhkusstaadiumi.

Igakordses raku jagunemises kaovad südamiku selged piirjooned, südamiku ollus langeb väikesteks massideks, mida kromosoomideks kutsutakse.

Südamikese saatus südamiku jagunemise puhul ei ole veel täiesti selgitatud. On ainult teada, et jagunemisnähtuste algusel südamike vahel korraga, vahel pikkamööda ära kaob, aga pärast, kui jagunemisprotsess möödas, ilmub ta jälle mõlemas uuestisündinud südamikus. Kuidas see sünnib, ei ole praegu veel teada.

Südamikul on raku elus kahtlemata põhjapanev tähtsus.

Esiteks, tuletame meele, et iga katkilõigatud infusoori tükk täiendab ennast ja muretseb endale kõik asemele, mis tal puudub, ja muutub lõpuks terveks infusooriks, — aga ainult ühel tingimusel: tarvis iga tüki külge jätta osake südamikust, olgugi pisike killuke, — siis läheb uute osade kasvamine (regeneratsioon) täiel hool lõpule.

Teiseks, nagu teada, on südamikul rakkude sugutamisel ja paljunemisel suur ülesanne. Suurema hulga bioloogide arvamise järele on just südamik päritavate omaduste hoidjaks ja kandjaks: temasse on koondunud nende omaduste nägemata algidud, mille poolest silma paistab üks või teine organism.

Paneme tähele veel muid raku jagusid: taimerakkudel on kest ehk seinad tselluloosist, mis oma keemilise kokkuseade poolest ($C_6H_{10}O_5$) tärklisele, suhkrule ja taimeliimile lähedal seisab. Puu kõva osa näit. on ainult selle ühenduse muudend.

Paljudel loomaorganismi rakkudel ei olegi kesta, nagu näit. ergurakkudel, luurakkudel, valgeil

vererakkudel. Paljudel on muutunud (differentseerunud) kest, nagu lihaste kiududel.

Üleüldse aga ei paista loomaorganismi rakkude kest mitte nii selgesti silma kui taimede oma.

Rohelistes taimedes, nimelt neis rakkudes, mis pinna lähedal, on protoplasma sees, just kesta all, reeglikorratud kehakesed. Neid kehakesi kutsutakse kromatofooorideks. Kromatofoorid on värvolluse kandjad ja sigivad niisama jagunemise teel nagu terve rakk. Nad on kokku pandud peaasjalikult protoplasmaollusest. Kromatofoore, mis eneses klorofüllterakesi sisaldavad, nimetatakse kloroplastideks. Need klorofüllterakesed annavad taimele rohelise värvi. Nõnda siis ripub taimede roheline värv iseäralisest värvollusest — klorofüllist, nagu punane värv — hämatokroomist ja kollane — ksantofüllist.

Klorofüll on hoopis teistmoodi ollus kui protoplasma: piirituses tõmbub protoplasma kokku, aga klorofüll lahundub ära. Missugust osa klorofüll taime elus just etendab, ei ole praegu veel lõpulikult kindlaks tehtud. Tal on aga tingimata oma ülesanne, sest terves looduses valitseb otstarbekohasus. Arvatakse aga, et süsihapu gaasi killustamine süsinikuks ja hapnikuks, mida rohelised taimed toimetavad, on vähemalt osalt kromatofooride, aga mitte üksi klorofülli töö. Kuid teisest küljest näeme, et lehed, millest klorofüll kadunud, ei killusta süsihapet ega eralda hapnikku, selle peale vaatamata, et neil kromatofoorid on olemas.

Palju kromatofooride ja klorofüllterakeste tegevuse detaile on alles selgitamata ja nende kohta

maksavad ainult arvamised, mis mõne üksiku õpetlase (Beyer ja Löb) uurimises põhjenevad.

Kujutelge endale süsihapu gaasi osake (CO_2). Kujutage ette, et ta valguse mõjul praegu killustati süsinikuks ja hapnikuks ($CO_2 = C + O_2$)[1]. Vabaks saanud süsinikuaatom (C) ühineb kohe vabakssaamise silmapilgul vee osakesega (H_2O) ja sünnitab uue keemilise ühenduse, mida kutsutakse formaldehüüdiks ($CH_2O = HCOH$)[2]. See on esimene samm elusa olluse tähtsamate osade sündimise teel.

Kuus formaldehüüdi molekküli ühineb omakord, jällegi valguse mõjul, üheks suuremaks molekküliks ja sünnitab liitolluse — kobarsuhkru. Nii imeline on päikese-energia loomisvõim — süsihapust gaasist ja veest loob ta kobarsuhkru.

Sama päikese-energia mõjul, mis enesele keemilise energia vormi võtnud, liitub mitu kobarsuhkru molekküli, pärast seda kui igaüks neist on ühe veemolekküli kaotanud, üksteisega kokku ja sünnitab tärklise molekküli, mis oma kogu poolest kobarsuhkru molekküilist palju suurem, aga ometi veel nii väike, et mingit võimalust ei ole teda näha saada, — kõige kangemagi mikroskoobi abil mitte. Ainult siis, kui tuhanded niisuguseid molekküile kokku korjub

---

1) Süsihapu gaasi lagunemine süsinikuks ja hapnikuks ei toimu mitte, see on ainult kavaline ettekujutus. Süsihape ($CO_2 + H_2O = H_2CO_3$) laguneb tasase elektritühjenduse korral formaldehüüdiks ja hapnikuks ($H_2CO_3 = HCOH + O$). Et rakus on ka elektri energia tegev, siis on võimalik, et formaldehüüd tekib sel teel.

2) Kange, gaasisarnane ollus, mis vees kergesti lahundub. Kui näit. ühelt sipelgahappe molekküililt (CH_2O_2) ära võtame ühe hapniku aatomi (O), siis saame formaldehüüdi (CH_2O).

mehhaaniliselt ühte hunnikusse, võime kromatofoorides tärklisterakesi näha.

Seda käiku selgitab näitlikult järgmine tabel:

1) Süsihappe killustamine: $\underset{\text{süsihape}}{CO_2} = \underset{\text{annab süsiniku}}{C} + \underset{\text{ja hapniku}}{O_2}$.

2) Formaldehüüdi sündimine: $\underset{\text{süsinik}}{C} + \underset{\text{ja vesi}}{H_2O} = \underset{\text{sünnitavad formaldehüüdi}}{CH_2O}$

3) Kobarsuhkru sündimine:

$$\overbrace{\underbrace{CH_2O} + \underbrace{CH_2O} + \underbrace{CH_2O} + \underbrace{CH_2O} + \underbrace{CH_2O} + \underbrace{CH_2O}}^{\text{Kuus formaldehüüdi molekküli}} = \underset{\text{Kobarsuhkur}}{C_6H_{12}O_6}.$$

4) Vee lahkumine kobarsuhkrust:

$$\underset{\text{kobarsuhkur}}{C_6H_{12}O_6} - \underset{\text{miinus vesi}}{H_2O} = \underset{\text{tärklise ehituse üksus}}{C_6H_{10}O_5}.$$

5) Tärklise sündimine: $\underset{\text{tärklise ehituse üksus}}{(C_6H_{10}O_5)} \times n = \underset{\text{tärklise molekkül}}{n(C_6H_{10}O_5)}$.

„Elusa olluse“ sündimise järgmised astmed on väga puudulikult tuttavad. Ainult üks asi on kindel: lähtepunktiks jääb tärklis, tema on orgaaniliseks

algmaterjaliks. Tärklis, kui ta keemiliselt on suhkruks muutunud, lahundub raku sees ära, tema üksikud osakesed põrkavad kokku nende lämmastikhapude ja väävelhapude soolade osakestega, mis mulla seest üles tõusnud; nende vahel sünnib vastamisi terve rida keemilisi mõjuavaldusi, ja lõppude lõpuks saab sellest keerulisest ühendusest munavalge moleküül.

Taime munavalge algastmeil ei ole ju veel mitte elus ollus. Nõnda on ka „looma munavalged", mis looma kehasse tekivad niihästi taime- kui lihatoidust, õieti ainult „surnud" munavalged: need on tarvis elusaks teha, biogeenideks muuta. Kuidas see „elus mateeria" sünnib, „sellest ei või me praegusel ajal peaaegu midagi ütelda, sest et meie teadmised raku ollustevahetusest on väga puudulikud" (Verworn). Selle küsimuse lahendamine aitaks meid üles arvata üleilmse mõistatuse — elu sündimise maakeral.

Taime munavalge „seeditakse" ja killustatakse rohusööja looma organismis ja muutub terveks reaks amiinhapeteks. Seesama sünnib nende munavalgetega, mis ühes lihatoiduga lihasööjate loomade ja inimese kehasse satuvad.

Amiinhapped on munavalge ehituskivikesed. Neist ehitab loom omakohased munavalge moleküülid.

Sellega on üleüldisis joonis elusa olluse saamise ehk sündimise protsess esitatud. Nüüd tuleb veel elu teist külge puudutada, nimelt — hävimist. Elu ei ole mitte ainult loomine, sündimine, vaid ka hävimine, suremine. „Elu on tegevus ja iga ta silmapilk lunastatakse kalli hinnaga — elusa olluse kulul" (Lunkevitsh).

Iga moment organismi tegevusest, olgu see tegevus vabatahtlik või tahtetu, füüsiline või vaimline, lühidalt ütelda — iga elu moment toob enesega kaasa nende olluste väikese osa hävimise, „surma“, millest organism ehitatud: „Elu on — surm“ (Claude Bernard).

Uurimused on kindlaks teinud, et munavalgest lagunemisel jälle saavad süsivesikud, millest ta oli sündinud; aga süsivesikud lagunevad omakorda veeks ja süsihapuks gaasiks. Viimane läheb hingamise kaudu õhku. Aga et munavalge sees ka lämmastikku on, seepärast tekib küsimus: missugused lämmastikku sisaldavad lõpp-produktid sünnivad munavalge lagunemisel? — „Elusa“ olluse loomises olid munavalge moleküüli eelkäijaks amiinhapped. Munavalge moleküüli lagunemisel saavad temast jälle amiinhapped. Aga see on ainult üks vaheaste. Teisi vaheastmeid tuntakse vähe. Lõpp-produktideks aga on, peale vee ja süsihapu gaasi, peaasjalikult uriin- ehk kusiollus (N_2H_4CO)[1]) ja kusihape ($C_5H_4N_4O_3$).

Tähendab, elusa munavalge lõpp-produktid on: vesi, süsihape, kusiollus ja kusihape. Kahjuks on „elusa“ olluse muutus „surnud“ olluseks meile keemiliselt veel vähem tuttav kui need protsessid, mis „surnud“ ollusest viivad elusa olluseni.

On terve rida keemilisi produkte, millest ühed

1) Ammoniakvee ühinemise läbi süsihapu gaasiga — süsihappega (H_2CO_3) — saab süsihapu ammoonium ($N_2H_8CO_3$). Munavalgest saab lagunedes esiti süsihapu ammoonium. Pärast, kui süsihapu ammooniumi moleküülist lahkub kaks vee moleküüli, siis jääb üle kusiollus (N_2H_4CO ehk CH_4N_2O).

(sekreedid) on organismi tegevusele tarvilikud, aga teised (ekskreedid) — suuremalt osalt kahjulikud ja peavad organismist kõrvaldatama.

Ekskreetide hulka kuuluvad näit. bakteerikihvtid (toksiinid)[1]), kusi jne.

Sekreetide hulka kuuluvad näit. toidu seedimise mahlad, värvollused (pigmendid), vaha (mesilastel), veniv ja õhu käes kõvaks minev vedelik siidiussil. Suure tähtsusega on sekreedid, mis verde nõristuvad, n. n. sisemised sekreedid ehk hormoonid.

Üle minnes selgitamata küsimusele klorofülli enese saamisest, on tarvilik järgmised kõrvuseaded (paralleelid) tuua:

1) Viimase ajani arvati, et klorofüll sünnib ainult valguse kaasabil, aga uuemad (Monteverde ja Ljubimenko) uurimused on näidanud, et klorofüll võib mõnikord ka pimedas sündida (noortel kuuskedel).

2) Kui aga praegu idanenud taimeke üles kasvatada mineraal-lahundis, kus sugugi rauda ei ole, siis kasvavad väikese taime lehed kahkjaskollased, ja tema rakkudes ei ole klorofülli.

Võib olla, on klorofülli sündimiseks tähtsam, et taime toidus rauda oleks, kui see, et ta kasvamise ajal valgust saaks.

Huvitav on meele tuletada, et ka hämoglo-

1) Bakterioloogias arvatakse, et haigusesünnitajad bakteerid mitte selle läbi haigust ei sünnita, et nad mehhaaniliselt inimese või looma kudesid hävitavad, vaid — keemiliste olluste abil, s. o. nad tekitavad kihvte (toksiine), mis inimese ja looma organismi kihvtitavad.

biin (punane värvollus punastes vererakkudes) seisab koos munavalgest, mis rauda sisaldab.

On aga kord juba organismis kromatofoorid ja klorofüll olemas, siis on „masin“ valmis ja võib teha tööd, mis tema jaoks määratud. Aga ükski masin ei tee tööd ilma jõuta, ilma energiata. Energiat aga annab käesolevas juhtumuses päike, nimelt valguskiire näol[1]). On ju tuttav, et klorofüllterakesed killustavad süsihapet ainult päikese valguse käes. Ja siin paistab silma klorofüllterakeste ja kromatofooride ühistegevus: kromatofoorid asuvad rohelises rakus sinna kohta, kus paras jagu valgust nende peale paistab: heleda valguse puhul poevad nad raku keskosasse, lehe pinnast kaugemale, aga nõrga valguse ajal ruttavad nad raku kesta juure, valguseallikale lähemale.

Väljarehkenduse järele on ühe naela nisuleiva sees niipalju energiat varjul, kui energia, mis vastab umbes 360.000 kilogramm-meetrile. Muidugi, organism, nagu masingi, ei suuda kasulikuks tööks muuta kõike energia-tagavara, mille annab küttematerjal, s. o. hapenduvad organismi osad. Füsioloogilised katsed aga näitavad, et organism sellest küljest kõik aurumasinad üle lööb.

Väljarehkenduse järele võib päikese valgus, mis Pariisis selgel päeval ruutmeetrilisele pinnale langeb, 8 või 10 tunni sees niipalju tööd ära teha, kui töö, mis vastab umbes ühe hobujõu tööle. Ericsson reh-

1) Et päikese valgus süsihappe killustamise protsessist osa võtab, selle tõsiasja leidis üles Ingen-Housz, aga sellekohase põhjendatud seletuse töötasid välja peaasjalikult Mayer ja Helmholtz.

kendas välja, et kui oleks võimalik utiliseerida (kasustada) kõik päikese soojus, mis langeb Filadelfia majade katustele, siis jatkuks teda 5000 aurumasina jaoks, millest igaüks 20-hobujõuline.

Nõnda on päikese valgus suureks jõuallikaks ja see jõud killustab taimes süsihaput gaasi. Taimel enesel ei ole selleks jõudu. Taim on nõnda-ütelda mehhanism, mille päikese jõud tööle paneb (Timirjasev). Seepärast on taime elu üleüldiselt — alatine päikeseenergia muutumine keemiliseks pinevuseks, aga looma elu sellevastu keemilise pinevuse muutumine soojuseks ja liikumiseks. Ühes tõmmatakse vedru üles, teises käib ta maha.

Sel protsessil on igapidi tehnilise tööstuse sarnasus: mootoriks päikesekiir, masinaks, mis see mootor käima paneb — taim (õigemini — kromatofoorid ühes klorofüllterakestega), tooreks materjaliks süsihape ja tööstusproduktiks taime orgaaniline ollus.

Huvitav on tähele panna, missugused kiired klorofüll neelab ja missugused tagasi viskab.

Paneme klorofülli lahundi klaasnõu sisse ja asetame ta päikese kiirte kätte. Võtame klaasprisma ja killustame sellega päikese kiire. Me näeme, et valguse kiirel, mis rohelisest klorofülli lahundist läbi läinud, järgmine spektrum on: äärmised punased kiired lähevad läbi, ilma et neelduksid. Aga kõige heledamate punaste kohal, osa oraanshi ja osa kollaste kohal on spektrumis must joon. Rohelised kiired ei neeldu. Taevassinised, sinised ja violetid kiired neelduvad. Nõnda siis näeme klorofülli spektrumis ainult tumepunast jagu, osalt oraanshi, osalt kollast ja siis veel helerohelist osa.

Kõik need värvid on mustade vahedega üksteisest lahutatud. Sellest võime järeldada, et nähtavasti taimede roheline värv mitte puhas roheline ei ole, vaid peaasjalikult rohelise ja punase segu.

Katsete varal on tõeks tehtud, et ka elusad klorofüllterakesed samu kiiri neelavad. Järelikult neelab klorofüll või püüab kinni helepunased, osalt oraanshi, osalt kollased, kõik taevassinised, sinised ja violetid kiired, aga viskab tagasi peaasjalikult tumepunased ja rohelised kiired.

Seda tähele pannes, et tihti sama organism ühtmoodi ei reageeri mitmesugustele päikese spektrumi värvidele ja et paljud üherakulised organismid ja liikuvad bakteerid valguse nähtavaile kiirile ei reageeri, küll aga nägemata kiirile, näit. ultravioletele kiirile, Röntgeni kiirile jne., — peame arvama, et klorofüllil on otstarbekohane ja suur tähtsus. Klorofüll on olemas kõige pealt selleks, et taim võiks orgaanilise olluse valmistamise otstarbel kasustada ainult teatavad kiired päikese spektrumist ja eemale juhtida teised kiired, mis käesoleval silmapilgul kasuta ja isegi kahjulikud võiksid olla.

Kui neelduks kõik valgus, siis võiks lehes temperatuur ülearu kõrgele tõusta.

Munavalge-olluste sündimine taimedes ei tarvita valgust ehk üleüldse välist jõuallikat. Sellevastu oleneb ta aga süsivesikute kaasabist.

Nõnda on keemilisest vaatepunktist suur tähtsus neil protsessidel, mis võimaldavad kromatofoorid klorofüllterakeste abil: siin muudetakse anorgaaniline ollus (süsihape ja vesi) orgaaniliseks. Siin on nende

mitmekesiste olluste allikas ja algus, millest kokku on pandud orgaaniline ilm.

Füüsilisest vaatepunktist on kromatofoorid ühes klorofüllterakestega niisuguseks riistaks, mis päikese kiiri kinni püüab ja nad edaspidiseks tarvitamiseks tagavaraks paneb.

Mikroskoobilisi kromatofoore, mis klorofüllterakesi sisaldavad, võiks nimetada kõige suurepärasemaks nähtuseks terves looduses. Kõigis teistes orgaanides ja organismides ainult muutub orgaaniline ollus, aga kromatofoorides sünnib ta uuesti anorgaanilistest ollustest. See lihtsate anorgaaniliste olluste (süsihappe ja vee, mis rakkude eneste sees, aga süsihapu gaas õhus) muutus orgaaniliseks olluseks, tärkliseks, on meie planeedil ainukeseks protsessiks, mille läbi sünnib elus orgaaniline ollus. Väljaspool kromatofoore ei ole looduses niisugust laboratooriumi olemas, kus orgaanilist ollust valmistataks. Tärklisest saab, nagu tuttav, suhkur, sellest kasvab iga taime kõva, kandev osa, nõndanimetatud kiudollus (tselluloos) ja viimaks, suhkrust ja ammoniakist (anorgaaniline ollus) võivad sündida munavalgeolluseid, kõige keerulisemad orgaaniliste olluste seas.

Aga see protsess ei ole, nagu nägime, muidu võimalik, kui välise jõuallika kaasabil. Süsihappe killustamine sünnib ainult päikese valguses, tähendab, päikese kiir ongi see jõud, mis süsihapet killustab ja mis ise seejuures neelatakse, tagavaraks pannakse. Nüüd on selge, et see protsess võimaldab ühe kõige tähtsama taimeolluse — süsiniku — omandamise ja muudab ühes sellega anorgaanilise olluse

orgaaniliseks. Teisest küljest seob see protsess terve orgaanilise ilma päikesega. Orgaanilist ollust toiduks tarvitades, neelame need päikese kiired, mis orgaanilisse ollusesse tagavaraks maetud. Ja need päikese kiired on selle soojuse-energia allikaks, mis meie organismi liikuma paneb.

Orgaanilised ollused sisaldavad võrdlemisi vähe hapnikku, kuid neis on elemendid, millel on suur sugulus hapnikuga. Sellepärast ühinevad orgaanilised ollused kergesti hapnikuga — „põlevad". Põlemisel tekib või vabaneb soojuse- ja valguse-energia. Hingamisel, mis on aeglane põlemine, vabaneb nõndasamuti energia.

Niisugused on kindlamad andmed raku ehituse ja tegevuse kohta. Lisaks sellele on loodud mitmesuguseid arvamisi — hüpoteese protoplasma võimaliku ehituse kohta.

Mõned teadlased arvavad (de Vries), et ühe ja sama organismi rakkude südamikud on kõik ühesugused, niihästi kokkuseade kui ehituse poolest. Nimelt, nad on kokku pandud väikesest arvust (näit. kahekümnest) elusa organismi nägemata ehituse-algelemendist, mida kutsutakse pangeenideks. Tema arvamise järele ei ole mitte rakk, vaid pangeenid tõsised elu kandjad. Nähtavasti on niihästi südamik kui ka protoplasma kokku pandud pangeenidest. Südamikus ei ole need pangeenid mitte tegevad (aktiivsed), vaid passiivsed, ja ainult siis, kui nad siit protoplasma sisse lähevad, ärkavad nad nagu elusse ja muutuvad aktiivseiks. Mitmesuguste rakkude südamikud saadavad „tööle", s. o. läkitavad protoplasmasse mitmesuguseid pangeene, mille taga-

järjel ka protoplasma ja rakkude omadused on väga mitmesugused [1]).

See hüpoteees olgu selleks, et piltlikult näidata, 1) kui vähe me teame orgaanilise elu tõsisest olust ja 2) et inimese mõte ei lepi elusa organismi nähtava ehitusega, ei lepi sellega, mida teaduslikuks tõeks peetakse, vaid püüab teadusliku mõttekujutuse abil tungida elusa olluse nägemata ehitusse. On õpetlasi, kes hüpoteesidele vähe tähtsust annavad, aga kaugelt suurem hulk õpetlasi arvab hüpoteesid, mis teaduslikele katseile ehitatud, „tulukesteks", mille järele teadus võib orienteeruda üksikute nähtuste kaaosis.

Piltlikult väljendab seda ilusasti prof. Pavlov: „Ainult teadusliku mõtte tõeotsimisel sünnib teaduslik hüpotees, see teaduse esimene maakuulaja, — ja häda sellele õpetusele, mis ei ole mõistnud faktidest kõrgemale tõusta ega ole katsunud neid fakte siduda ühtede ehk teiste ideede valgusel!"

Meie mõistus ei või seisma jääda isegi pangeeni aime juure. Tahtmata küsime edasi: millest on kokku pandud see ehitusüksus, mida pangeeniks kutsutakse?

Õige vastus selle küsimuse peale annaks meile võimaluse laboratoorsel teel protoplasmat kokku seada, mis meie aja keemikuile ja bioloogidele üheks kõige suuremaks ja huvitavamaks küsimuseks on. Me teame, et munavalge-ollused on tähtsam osa protoplasmast, milleta „elus ollus" võimatu oleks. Aga me teame ka, et keemia uurib surmatud munavalge-olluseid, uurib elusa olluse elutumaid „surnukehi".

1) Pangeene võiks võrrelda meie kirjatähtede väikese hulgaga, millest aga võib kümneid tuhandeid mitmesuguseid sõnu kokku seada.

Kõige tähtsam osa igast protoplasmast on, nagu juba öeldud, munavalge-ollused. Praeguse aja keemia võib ainult surnud munavalget uurida, sest uurimisviisid tapavad iga elusa raku. Seepärast on munavalge-ollused, mis surnud kudedest eraldatud, muutunud [1]).

Kõik reaktiivid, mis võivad reageerida aldehüüdgrupiga ja amiin-grupiga, on tingimata elusale protoplasmale kihvtiks, aga ei avalda surnud munavalge peale mingisugust mõju. Nõnda siis: elusa munavalge moleküüli sees on nimetatud grupid olemas, aga surnud munavalge moleküülis neid enam ei ole. Surmaga said need kaks gruppi vastamisi täis — küllastusid.

Selle kohta kirjutab kuulus füsioloog Verworn järgmist: „Füsioloogiline keemia on näidanud, et elusa ja surnud raku olluse vahel võib põhjalikke keemilisi lahkuminekuid märgata, mis tõendavad, et elus ollus surres sügavaid keemilisi muutusi läbi teeb ja et temas tõesti on niisuguseid ühendusi, mis surnud raku olluses enam ei esine. Peab tunnistama, et elusas raku olluses, nende teatud munavalge-olluste kõrval, mis ka surnud raku olluses esinevad, on olemas veel mõned teised munavalge-ollused ehk nende ühendused, mis ainult eluaja jooksul olemas on ja mille lagunemisega elu lõpeb."

1) Arvatakse, et protoplasma surma läbi muutuvad lahtiste kettidega ollused tsüklilisteks. Tsüklisatsiooniga saavutab muutlik ehk püsimatu munavalge-ollus tasakaalu. Ta uinub surmale, iseseisvalt muutmatusele.

Seepärast kutsutakse neid teisi munavalge-olluseid elusaks munavalgeks, mis peavad hoopis teise kokkuseadega olema, kui surnud munavalge-ollused. Sel põhjusel annab Verworn „elavale munavalgele“ uue nime — biogeen[1]).

Nõnda oleme veel väiksema ehitusüksuse — biogeeni juure jõudnud. Järelikult on pangeenid kokku pandud biogeenidest, ja need viimased ongi elusa munavalge moleküülid.

Aga biogeen on omakorda lihtkehade aatomite keeruline süsteem, nimelt — vesiniku, hapniku, süsiniku, lämmastiku ja väävli aatomite süsteem, mille juure ühinevad veel vosvori, väävli ja raua aatomid.

Aatom seisab koos, nagu me juba esimesest jaost mäletame, veel lihtsamaist materiia ehituselementidest, mida elektroonideks, s. o. elektrienergia aatomiteks kutsutakse. Kaugemale minna teadus praegu enam ei suuda: me oleme ilmmõõtmata väikeste suuruste valda astunud.

Siin on siis nüüd rida edenemisastmeid, mis energia läbi käib seks, et elavat orgaanilist loodust luua:

I. elektroonid;
II. aatomid, mis mitmesugused elektroonide süsteemid moodustavad;
III. biogeenid ehk elusa munavalge molekküülid;
IV. pangeenid[2]) ehk biogeenide mitmesugused kombinatsioonid;

---

1) Biogeen tähendab — elusünnitaja.
2) Hüpoteetiline sünnitus!

V. toobikesed ja graanulid (mikrosoomid) ehk pangeenide kombinatsioonid;
VI. rakud ehk toobikeste ja graanulite kogud, ja
VII. liitorganismid ehk rakkude assotsiatsioonid.

Juba sellest lühikesest nimekirjast võib näha, kui keeruline ehitus arvatakse olevat mikroskoobilisel orgaanilisel rakul.

Taim ja loom tarvitavad energiat. Energia on elutegevuse algtingimus. Energia sünnitab aatomid, need moleküülid jne., kuni organismini. Nõndaviisi on organismi elu lahutamata ühenduses energiaga.

2. Elus ja elutu loodus.

Näib, nagu oleks elusa ja elutu looduse vahel väga vähe sarnasust. Kuid ligemal vaatlemisel on leitud, et kummagi loodusriigi vahel on palju ühist. Arvati, et elusal ollusel on iseäraline struktuur ehk ehitus. Kuid protoplasma sarnast struktuuri on suudetud isegi kunstlikult elutuist ollustest valmistada. Mõnedes rakkudes näib protoplasma olevat vahulise struktuuriga, kuid, nagu eespool nägime, on võimalik valmistada niisamasugust vahulist struktuuri potassi ja õliga.

Protoplasma kuulub kolloidsete olluste hulka. Võidakse ka elutuist ollustest valmistada mitmesuguseid kolloide. Sagedaks kolloidi valmistamise viisiks on järgmine: Võetakse induktsioonirull, mille pooluste küljes on varred sellest metallist, mida tahetakse dissotsieerida (kuld, hõbe, plaatina). Varred lastakse destilleeritud vette. Mõlema varre vahelt elektrisädemete läbilaskmisel on näha, et elektroodide ümber

ilmuvad just kui pilved. Mõne aja pärast läheb vedelik värviliseks. Filtreerides ei ole võimalik sellest vedelikust midagi eraldada. Mikroskoobi all näib ta olevat täiesti ühtlane. Kuid kui vaadatakse ultramikroskoobiga, siis on selgesti märgata, et vedelikus on heljumas palju metalli kübemeid.

Ultramikroskoop läheb harilikust mikroskoobist selle poolest lahku, et valgus paistab vaadeldava asja peale kõrvalt. Sellepärast on ultramikroskoobiga nähtavad palju väiksemad kübemekesed, kui muidu, otse nõndasamuti, kui tuppa langevate päikese kiirte valgusel on nähtavad nõnda väikesed tolmukübemed, mida harilikult sugugi näha ei ole. Ultramikroskoop suurendab 100.000 korda.

Need kübemed ei ole moleküülid, sest viimased on üleüldse nägematud. Vees lahundunud soola molekküüle ei ole mitte näha. Kolloidsel metallil on hoopis teised omadused, kui metallil, millest ta valmistatud. Metallide soolad diffundeeruvad läbi kile, kuid kolloidid ei diffundeeru, sest kolloidide kübemekesed on nõnda suured, et nad ei pääse läbi kile. See ongi kolloidide peaomadus. Olluseid, mis diffundeeruvad, nimetatakse kristalloidideks. Kui olluse peenikesi kübemekesi on vees palju, siis muutub kolloid harilikult sülditaoliseks. Vedelat liikuvat kolloidi nimetatakse sol (solutio — lahund), sülditaolist — gel (shelatiin). Shelatiin on tüübiline sülditaoline ollus. Gel'ide iseäralduseks on nende vee alalhoidmine sülditaoliseks muutumise korral, nad peavad vett kinni. Ärakuivanud gel imeb enesesse vett (shelatiin, liim, nahk jne.). Sülditaolise kolloidi võib sünnitada ka ränihape. Ultramikroskoobi all on sol'i gel'ist kerge eraldada, sest sol'i kübemekesed on alalises liikumises (Brown'i liikumine), gel'i omad aga mitte.

Brown'i liikumise põhjuseks on vedeliku molekuülide liikumine. Viimased põrkavad vastu kübemekesi ja sunnivad neid liikuma. Brown'i liikumist on kerge näha hariliku mikroskoobi abil. Tarvis võtta peenikest söepulbrit ehk tuschi ja vaadelda vees. On näha kübemekeste sinna-tänna „tantsimist".

Paljud taimerakud (juudihabe — *Tradescantia*, müksomütseedid, *Spirogyra*, pärm jne.) annavad ultramikroskoobi all niisamasuguse pildi kui metallide sol'id (hüdrosol'id — veesol'id). On märgata kübemekeste liikumine. Tähendab, protoplasma on 'neis rakkudes vedel, sünnitab kolloidse sol'i. Paljudes loomarakkudes ei ole näha kübemekeste liikumist. Nähtavasti on nende protoplasma sülditaolise struktuuriga. Sülditaolisel kolloidil on vammisarnane, mitte vahuline, struktuur, sest läbi õhukese gel'i kilede on võimalik filtreerida. Vahulise struktuuri korral oleks see võimatu.

Sellest näeme, et protoplasmal on oma teatav iseäraline struktuur, kuid sarnast struktuuri on võimalik sünnitada ka elutuist ollustest.

Elusale loodusele iseloomulised on eluavaldused; need on: olluste vahetus, kasvamine ja sigimine, ärritatavus.

Teatud tingimustel võime kõiki sellesarnaseid nähtusi tähele panna elutus looduses.

Väävelhappe valmistamisel ühineb väävlisanhüdriid SO_2 lämmastiku kahelishapendi NO_2 ühe O aatomiga, sünnitades väävelhappe anhüdriidi SO_3. Tekkinud lämmastikuhapend NO võtab aga õhust uuesti hapnikku ja ühineb sellega $NO + O = NO_2$, kusjuures tekib uuesti endine lämmastiku kahelishapend NO_2. Nõndaviisi võtab NO alaliselt õhust

hapnikku ja annab teda alaliselt edasi SO_2-le. NO vahetab hapnikku. Nähtus on õige sarnane elusa looduse ollustevahetusele, mis seisab teatavasti alalises uue toidu vastuvõtmises ja selle alalises lagunemises ning väljaheitmises. Organism võtab teatavat toitu. NO võtab õhust ka ainult hapnikku, mitte lämmastikku ega süsihaput gaasi.

Kloroformi tilk tõmbab enesesse schellakiga kaetud niidi, sulatab schellaki ära ja heidab niidi välja, otse nõndasamuti kui amööb vetikniidi.

Paljude keemiliste reaktsioonide korral soendatakse reaktiivisid: soojas reageeruvad ollused kiiremini. On leitud, et kui temperatuur tõuseb 10^0 võrra, siis tuleb reaktsioon 2—3 korda kiiremini (Van't Hoff'i seadus).

Ka elusas looduses märkame sedasama. Putukad, kes jaheda või külma käes liikumata varjul seisavad või aeglaselt liiguvad, lendavad ja jooksevad sooja ilmaga väga elavalt. Nende kehas käib kiire olluste vahetus. Siidiliblika röövikud kasvavad soojas kiiremini, konna süda tuksub soojas kiiremini jne. On leitud, et ka elusas looduses on olluste vahetus 10^0-lise temperatuuritõusu korral 2—3 korda kiirem (meele tuletada füsioloogiast ergu juhtivuse kiiruse olenemine temperatuurist). Maksvad needsamad seadused!

Peaks arvama, et tundlikkus ehk ärritatavus on ainult elusa looduse omadus. Kuid ka siin leiame sarnasust elutus looduses. Võtkem näitus: salpeeter sünnitab kahesuguseid kristalle. Ühed on peaaegu reeglipärase kuubiku sarnased, teistel on prisma vorm. Puudutage natuke prismasarnase kris-

talliga kuubikusarnaste kristallide kuhjakest, — nende peale ilmub õrn kirme, mis kogu kuhjakese peale laotub, kuubikusarnased kristallid muudavad oma vormi ja saavad prismasarnasteks. Tähendab, kristallide tundlikkusest võib rääkida samasuguse õigusega kui alamate organismide tundlikkusest. Veel tuntud näitused.

Õlitilk liigub lahjas soodalahundis. Kloroformi tilgakesed korjuvad nelgiõliga täidetud klaastorukesse. Teatavad muutused, ärritused kutsuvad esile liikumise, nagu elusas looduses. See on väga sarnane ärritatavusele.

Edasi, tehke maarjajää kristall peenikeseks pulbriks, visake see pulber maarjajää lahundisse — ja igast pulbri killukesest kasvab uus kristall. See on ju sama, mis organismide sigimine jagunemise teel. Ka kristall pärib oma „eolt" kuju ehk vormi. Vedelad kristallid jagunevad iseseisvalt, otse nagu bakteerid.

Võiks arvata, et kaotatud liikmete asemele uusi liikmeid kasvatada (regeneratsioon) võivad ainult organismid? — Ei! Visake keedusoola-kristalli kild sama soola lahundisse — ja mõne aja jooksul muretseb ta endale tagasi kõik, mis tal puudus, ja muutub reeglivastasest killukesest korralikuks, reeglipäraseks kristalliks. Veel selgemini on see näha mõne suurema kristallikillu peal, mis omakohases lahundis regenereerub. Kui seejuures lahundis veel teisi olluseid on, peale soola, siis omandab soolakristall kasvamise puhul oma ümbrusest ainult enesesarnase olluse osakesi ja jätab teised ollused täiesti kõrvale. See tuletab väga elavalt organismi valimisevõimet meele.

Osmootiline rõhumine, mida sünnitavad lahundunud ollused, on elusas looduses ülisuure tähtsusega. Tarvis mecle tuletada rakkude turgorit. Ka elutud ollused sünnitavad pool-läbilaskjad kiled, nagu need on väga harilikud elusas looduses. Laseme tilga kanget vaskvitriooli lahundit 4% raudtsüaankaaliumi lahundisse. Nende olluste kokkupuutumise kohal tekib pruun raudtsüaanvase kile, mis vaskvitrioli (ka suhkrut) välja ei lase. Vesi aga pääseb kilest läbi, ja me näeme, kuidas tekkinud põieke kasvab sisemise rõhumise tagajärjel (turgor!).

Üleüldse ei või „vabatahtlik" liikumine ega toidu omandamine, tarvitamine ja ümbertöötamine, ei kasvamine ega sigimine tingimata tundemärgiks olla, mille järele elusat ollust võib ära tunda, sest et analoogilised nähtused tulevad ka elutu mateeria ilmas ette, ainult teistes kombinatsioonides.

Igatahes ei sünni elus mateeria äkilise muutuse läbi, vaid elutu mateeria järk-järgulise muutuse teel. Arvamise järele sünnib anorgaanilisest mateeriast esiotsa niisugune mateeria, mis asub orgaanilise ja anorgaanilise mateeria vahe peal. Tähendab, arvatakse võimalikuks oletada üht üleminekujärgu ollust, mille kohta raske oleks ütelda, kas ta on orgaaniline (elus) või anorgaaniline (elutu). Üleminek on nii tasane, et me seda sugugi ei märka. Seletamata on elusa orgaanilise olluse tekkimine, peenike, nägematu ehitus, mõistatuslik on organismi „otstarbekohaste" algvormide ilmumine, iseäranis mõistatuslikud on aga elu kõrgemad nähtused — tunne ja teadvus. Sellegi pärast — me oleme tuttavad elusa orgaanilise looduse nähtustega.

Juba vanast ajast saadik oli maksev arvamine, et elavais olevustes on iseäralik jõud tegev — elujõud, mis puudub elutus looduses. Seda õpetust nimetatakse nüüd vitalismiks ehk õpetuseks elujõust. Seda õpetust põhjendatakse sellega, et elusate olevuste kehaehituses ja tegevuses palju niisuguseid nähtusi ette tuleb, mida praegusel ajal ega tulevikus füüsika- ja keemiaseadustega kuidagi ei saa ära seletada. Kuid see on ainult arvamine, pealegi ei seleta see arvamine meile mitte midagi.

Seni ei ole organismides leitud mitte mingisugust iseäralist jõudu, mis puuduks anorgaanilises looduses. Organismid valmistavad soojust, valgust, elektrit, kuid ei mingisugust iseäralist energiat. Sellepärast on palju teadlasi, kes arvavad, et elusas looduses puudub iseäraline elujõud. Seda õpetust nimetatakse antivitalismiks. Antivitalismi, mis õpetab, et organismides on olemas ainult füüsiline ja keemiline jõud, nimetatakse mehhanismiks. Igatahes on raske ette ära arvata, mis tuleviku uurimised näitavad, kuid praegusel ajal on antivitalistlik õpetus palju tõenäitlikum. Üheks suuremaks löögiks vitalistide õpetusele on keemia edusammud, mis näitasid, et elutu looduse jõududega on võimalik valmistada olluseid, mis muidu on leida ainult organismis. Praegusel ajal on juba võimalik suuremat osa orgaanilistest ollustest, mis organismides leiduvad, kunstlikul teel valmistada. Sellel alal teeb teadus ikka veel suuri edusammusid.

Organismis on siiski midagi niisugust, mille poolest ta faktiliselt lahku läheb organiseerimata looduse kehadest. Mõned neist tundemärkidest on meile tuttavad. Need on: 1) munavalged. Ainult

orgaanilise looduse esitajail on nii iseäralised keemilised ühendused, nagu munavalged. Kui me kokkuseade poolest ka kõige keerulisema anorgaanilise keha võtaksime, temas ei ole midagi munavalgete sarnast. Suuruse poolest määratud, ehituse poolest keerulised ja kestvuse poolest väga muutlikud munavalge molekuülid on ainuüksi loomade ja taimede omanduseks. Ilma munavalgeta ei ole orgaanilist elu. Munavalgeolluseid on palju; ühed neist (albumiinid) lahunduvad vees, aga teised (globuliinid) ei lahundu. Rakkudes tuleb liht munavalgeolluseid harva ette: nad on harilikult ühendatud hapetega, süsivesikutega j. n. e. ja on siis munavalge liitolluselised kehad. Näit. on hämoglobiin (punaste vererakkude värvollus) kokku pandud munavalgest, mis rauda sisaldab. Igal munavalgel on oma iseäralised omadused, aga neil kõigil on ka ühiseid omadusi:

a) Kõik munavalgeollused on väga muutlikud: lagunevad kergesti lihtsamaiks ühendusteks, muutuvad kergesti.

b) Kõik nad tarduvad ehk kalgastuvad teatavate füüsiliste ja keemiliste faktorite mõjul.

c) Munavalged ei suuda orgaanilisest vaheseinast äbi tungida, ei diffundeeru, sest et munavalgelolluste molekuülid määratu suured on, muidugi võrdlemisi teiste orgaaniliste ja anorgaaniliste kehade molekuülidega. Näit. on hobuse vererakkude hämoglobiinil järgmine kokkuseade:

$$C_{712}H_{1130}N_{214}O_{245}FeS_2,$$

s. o. hobuse hämoglobiini ühte ainsasse molekuüli on koondunud 2304 aatomit, millest vesinikule tuleb 1130

aatomit, süsinikule 712, hapnikule 245, lämmastikule 214, väävlile 2 ja rauale 1 aatom, kuna aga näit. kobarsuhkru moleküül ainult kaks tosinat aatomid sisaldab ($C_6H_{12}O_6$), vee moleküül — kolm aatomit (H_2O), keedusoola moleküül aga kõigest kaks aatomit (NaCl, s. o. ühe aatomi naatriumi ja ühe aatomi kloori).

2) Olluste vahetus organismis on väga keeruliste keemiliste reaktsioonidering, mis viib „surnud olluse“ juurest „elusa olluse“ juure[1]), ja ümberpöördult — „elusa olluse“ juurest „surnud olluse“ juure[2]). Peale selle, niihästi progressiivne kui ka regressiivne metamorfoos sünnib kaunis kiiresti entsüümide (fermentide) kaastegevusel, mille tagajärjel elusa olluse keemia midagi niisugust on, millele me mitte täiesti sarnast ei leia neist keemilistest protsessidest, mis surnud looduses ette tulevad.

3) „Surnud“ ja „elusa“ looduse kehade tundlikkuses on tähtis vahe: organismi ülespidamisel ärritaja vastu on kohanemise ehk otstarbekohasuse pitsat.

4) „Vaimlised ehk psüühilised üleelamised, tunne ja teadvus — on tüübilised ainult organismidele.

Nüüd teame ligikaudu, mille poolest anorgaaniline loodus lahku läheb elusast, orgaanilisest loodusest.

Viimane jagatakse harilikult kaheks riigiks: taimeriik ja loomariik.

---

1) Progressiivne metamorfoos.
2) Regressiivne metamorfoos.

Taimeriik ja loomariik.

Tamm on taim, elevant — loom. See on kõigile selge. Kuid milles seisab taime ja looma põhimõtteline vahe, seda ei ole nõnda kerge kindlaks määrata.

Taime keha seisab koos rakkudest, looma oma nõndasamuti. Taim areneb ühest rakust — munarakust, mis peitub seemnepungas, loom areneb nõndasamuti ühest munarakust. Looma munarakk ei hakka kasvama ja jagunema ilma seemnerakuga ühteliitumiseta, samuti ei hakka taime munarakk arenema ilma tolmutera generatiivse südamikuga ühteliitumiseta. Taime keha ollused on pea kõik samasugused kui looma omad (munavalge, süsivesikud, rasvad, soolad jne.).

Harilikult teatakse, et loomad liiguvad, taimed ei suuda liikuda. Kuid on loomi, kes paigal seisavad (vammid), ja taimi, kes liiguvad (iseäranis üherakulised, *Volvox*, *Euglena*, *Oscillatoria* jne.).

Looma keha on tundlik. Ta vastab kõiksugu välistele ärritustele, vastab harilikult liikumisega. Kuid ka taimeriigis näeme iga sammu peal tundlikkust ehk ärritatavust.

Taime juudihabeme (*Tradescantia*) tolmukniitidest elektrivoolu läbi lastes märkame, et rakkude protoplasmaniidid tõmbuvad kuulikestesse, otse nõndasamuti, kui amööbki ehk teised algloomad end kuulikujuliseks muudavad voolu mõjul.

Vetikate zoospoorid ujuvad vabalt vees, tungivad suurema valguse, soojuse, teatud olluste poole. Sõnajalgade seemnerakkude ärritajaks on õunahape. Nad tungivad arhegooniumi — munapessa, kus on peidus õunahape.

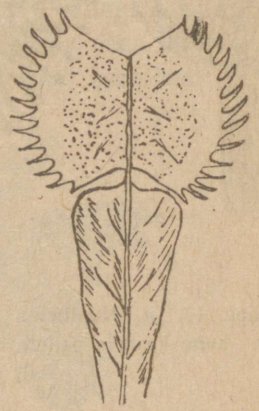
Ka taimeriigi kõrgemate esitajate juures on leida küllalt ärritatavuse näitusi. Humalad ja seatapud pööravad oma varre teiba ehk tüve ümber seda mööda, kuidas nende vart ärritab kokkupuutumine ja maakera tõmbejõud. Temperatuuri ja valguse muutuse puhul teevad paljud taimede õied ja lehed liigutusi, nad satuvad ärevusse ärrituse [1]) mõjul. Õhtu tulekuga tõmbuvad kokku



Joon. 10. Ristikheina lehekeste seis: *a.* päevaajal. *b.* ööse.



Joon. 11. Kärbsepüünis.



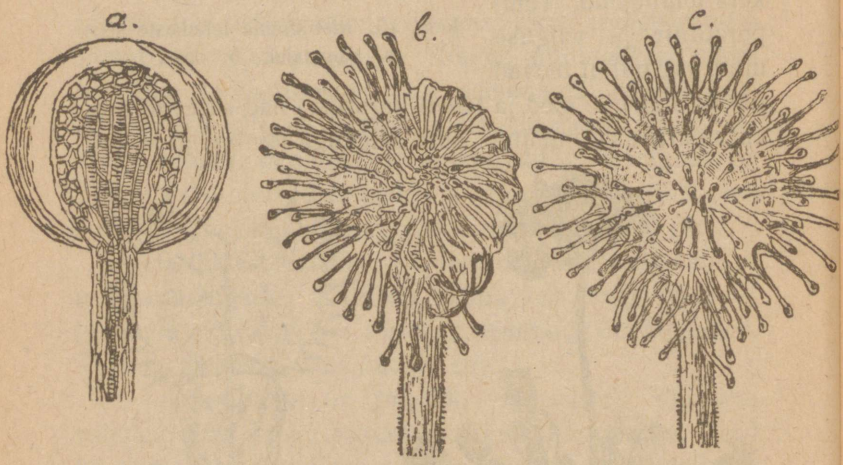
Joon. 12. Üksik leht püünisega, mille igal poolel näha 3 karvakest.

võilille õied ja ristikheina lehed (joon. 10) (missugused teised veel?), hommikul sirguvad nad uuesti laiali.

1) Ärrituseks nimetatakse muutust elutingimustes.

Viibutame käega jänesekapsa kohal või peksame vastu tema lehte. Varsti märkame, et leheosad hakkavad longu langema. Jänesekapsas reageerib põrutuse ärrituse (mehhaanilise ärrituse) peale.

Kärbsepüünis (*Dionaea muscipula*) sulub oma püünise karvakeste külge puutumise ärrituse tagajärjel (joon. 11 ja 12). Huulheina (*Drosera*) ripsmed



Joon. 13. *a*. Huulheina lehe üksik ripse liimise vedelikutilgaga. *b*. Lehe keskele painduvad ripsmed, paremalt poolt. *c*. Leht vabalt seisvate ripsmetega.

painduvad saagi poole (joon. 13). Ärrituseks on iseäranis keemilised ollused, mis saagis peituvad, kuid peale selle nähtavasti veel mehhaaniline ärritus: külgepuutumine ja põrutamine.

Vallisneria õitsmahakkamisel sirgub emakõie vars (*a*) ja õis tõuseb vee pinnale (joon. 14). Kui õitsmisaeg möödas, tõmbub emakõie vars uuesti kokku, kuhes

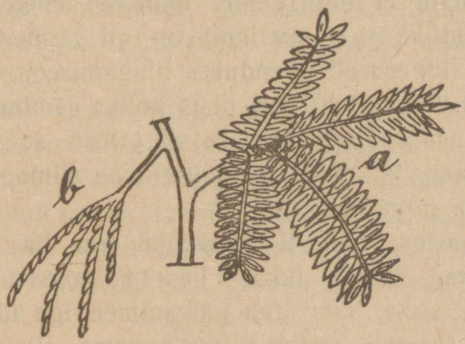
enesega sigitatud õit vee alla viies, kus vilja valmimine järgneb. Siin on tegemist taime sisemise ärritusega.

Üleüldiselt tuntud on häbeliku mimoosi (*Mimosa pudica*) suur ärritatavus. Juba väikese ärrituse, näit. puudutamise, äkilise tuulepuhangu jne. mõjul paneb taim oma lehekesed kokku ja laseb kogulehe alla vajuda (joon. 15).



Joon. 14. Vallisneeria (skeem). *a*. Emakõis. *o*. Tolmukõis.

India taime *Desmodium gyrans*'i kolmiklehe väiksemad paarislehekesed teevad alaliselt keerutavaid liigutusi, — jällegi sisemistel põhjustel. Kõrgemas temperatuuris on need liigutused kiiremad, nõndasamuti kui selgrootuil loomadel.



Joon. 15. Mimoosi oksake. *a*. Leht normaalolekus. *b*. Ärritatud leht.

Taimedel leitakse isegi midagi sarnast loomade ergu- ja lihaskavadele. Anatoomiliselt igatahes ei ole taimes midagi ei lihase ega ergu sarnast leida; sarnasus on leitud füsioloogiliselt.

Võrdleme veel edasi kõrgemate taimede ja loomade liigutusi. On tuttav, et loomade liikumised kindlas ühenduses on hingamisega: kokkutõmbuv lihas tarvitab rohkem hapnikku ja vabastab enesest rohkem süsihapet kui puhkav lihas. Taimede juures võib sedasama tähele panna. Seemnete idanemise ajal, pungade puhkemise puhul, iseäranis aga õitsmisajajärgus neelavad taimed ahnelt hapnikku ja vabastavad süsihaput gaasi, mille juures nende temperatuur märksa tõuseb. Taimede hingamine kestab vahet pidamata kõigel nende eluajal, aga rohelistes osades jääb ta päikese valguse käes energilisema süsihapu gaasi vabastuse läbi varju, maskeerub.

Et hingamine liikumisega ühenduses on, seda näitavad paljud katsed. Kui me taime näit. hapnikust ilma jätame, siis lõpevad ka kõik liikumisnähtused, — protoplasma ei liigu enam, mimoosi lehed kaotavad oma tundlikkuse. Järelikult on nii taimede kui ka loomade liigutused ühenduses hingamisega.

Sel silmapilgul, kui lihas kokku tõmbub, tõuseb temas temperatuur. Ei ole raske selgeks teha, et ka taimede temperatuur liigutuse silmapilgul tõuseb, näit. mimoosil.

Lihastes, niihästi puhkeajal kui ka pinevuseseisukorras, leidub ikka elektrivool. Kui me süsteemi sisse, mis õrna galvanimeetriga ühenduses, ühe lüli asemele konna lihase paneme, siis näeme, et galvanimeetri näitaja kõrvale põikab: süsteemi ilmus elektrivool. Samasugune vool, ainult nõrgem, ilmub ka siis, kui süsteemisse lihase asemele kärbsepüünise lehe paneme.

Edasi, kui me lihase sunnime kokku tõmbuma,

siis märkame kokkutõmbumise silmapilgul elektrivoolu nõrkemist, galvanimeetri näitaja põrkab tagasi: seda kutsutakse eitavaks voolu kõikumiseks. Sama nähtus kordub kärbsepüünisega: liikumise silmapilgul, just siis, kui lehe pooled end kokku löövad, nõrkeb vool, ilmub eitav kõikumine.

Lõpuks, lihases on ärritusmomendi ja kokkutõmbumis-momendi vahel õige väike, aga siiski mõõdetav vaheaeg: see on nõndanimetatud varjatud ärrituse aeg. Samasugune vaheaeg, ainult suurem, on lehe ärritus- ja liikumismomentide vahel.

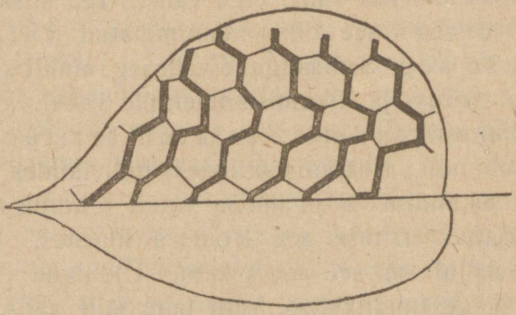
Mimoosil on leitud varjatud ärrituse aeg 0,109 sekundit; iseäranis aktiivseis indiviidides langeb ta 0,06 sekundini ja on nõnda ainult 6 korda suurem kui varjatud ärrituse aeg konna lihastes. Väsimuse mõjul on see aeg pikem. Üleliigne väsimus kaotab kõige tundlikkuse, kuni taim jälle välja puhanud. Samuti on ju lugu ka looma lihaste ja erkudega.

Mimoosi lehes tungib ärevus edasi, kiirusega 2 sm. sekundis. See kiirus on vähem kui kõrgemail loomadel, aga suurem kui madalamail nende lihastes.

Järelikult on taimede, iseäranis kärbsepüünise liigutused looma liigutusnähtustega ühesugused, mitte ainult välispidi, vaid ka oma sisemiste protsesside poolest.

Lehevarrest elektrivoolu läbi lastes võib märgata, kuidas rakud lehe ääre-kesksoone sihis kokku tõmbuvad, vastupidises ehk pikisihis natuke laiemaks lähevad. Põhjuseks on siin nähtavasti raku kesta, kuid mitte protoplasma tegevus või muutus. Seda tõendab asjaolu, et plasmolüseeritud rakud tõmbuvad samuti kokku. Võib oletada, et kestas on algloomade lihaskiukeste (müoidide) sarnased sünnitused, mis raku kokku kisuvad (joon. 16).

Ei pea siiski arvama, nagu oleksid ärritatavad üksnes lihaskiud ehk ergurakud, vaid ärritatav on iga elus protoplasmaosake, olgu ta taimes või loomas. Ka ärrituse edasijuhtimine on omane protoplasmale. *Difflugia* ebajalakest mehhaaniliselt ärritades märkame, et ebajalakesel tekivad protoplasma konarused, mis ikka kaugemal eemal: ilmuvad. Kui ärritus küllalt



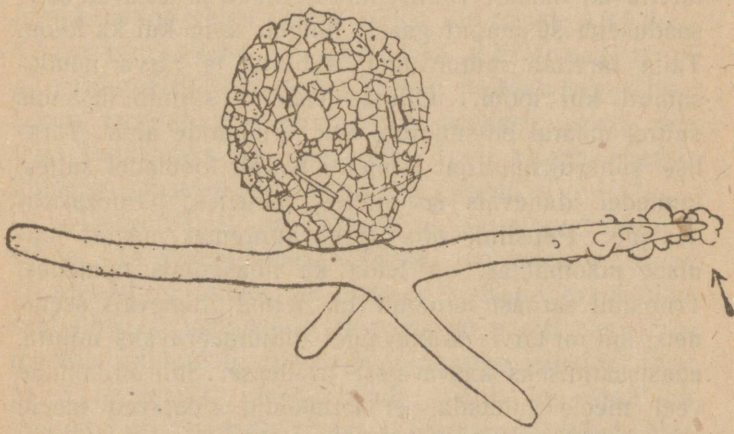
Joon. 16. Jämedad jooned tähendavad neid rakukeste külgi, kuhu arvatavad lihaskiukesed asetatud, aga peenikesed — ilma lihaskiukesteta.

tugev oli, siis muutuvad ka teised ebajalakesed konarlisteks ja tõmbuvad sissepoole (joon. 17).

Nõnda siis kinnitab teadus, et mimoos, kärbsepüünis ja väga paljud teised taimed on märgatavalt tundlikud, sest nad vastavad mitmesuguste ärrituste peale, olgu see puudutamine, piste, põletamine, elektrivool või keemiline mõju.

Edasi, me võime taime tundlikkuse hävitada, see on, võime ta igasuguse ärrituse vastu tuimaks, osavõtmatuks teha. Ja mis iseäranis tähtis — me saavutame selle samade abinõudega, millega inimese ehk

looma organismi tuimaks tehakse. Kui me näit. mimoosi kinni katame klaaskupliga ja kupli alla eetri ehk kloroformiga täidetud vammi paneme, siis kaotab mimoos, kui ta natuke aega eetri ehk kloroformi auru sisse hinganud, oma tundlikkuse. Aga kui ta pärast



Joon. 17. *Difflugia urceolata*, kelle paremat ebajalakest on ärritatud noolega märgitud kohalt. Ebajalake on teraliseks tõmbunud, ka kaugemal ärrituse kohast.

seda mõne aja puhtas õhus on seisnud, saab ta oma tundlikkuse jälle tagasi.

Kui taim liig kauaks niisuguste tundlikkust hävitavate olluste mõju alla jääb, sureb ta ära, just nagu inimene, kes kloroformi liig palju tarvitab.

Kõik need katsed tunnistavad küllalt selgesti, et taimed on nõndasamuti ärritatavad kui loomad ja et kummagi looduseriigi vahel ei ole selles asjas o l u l i s t vahet. On ainult kvantitatiivne ehk rohkusline

vahe: looma ärritatavus avaldub harilikult elavamalt, tähelepandavamalt kui taimede oma.

Peatame veel olluste vahetuse juures. Niihästi taim kui loom võtab välisest ilmast vastu olluseid ja heidab teatavaid olluseid välja. Mõlemad tarvitavad oksüdeerumisteks hapnikku ja eritavad selle saadusena süsihaput gaasi; hingab taim kui ka loom. Taim tarvitab munavalget, suhkrut ja rasva nõndasamuti kui loom. Olluste vahetus sünnib mõlemis suurel määral entsüümide ehk fermentide abil. Tärklise suhkruksmuutjat fermenti leidub loomadel süljes, taimedel idanevais seemnetes, lehtedes, pärmirakkudes jne. Pepsiini, mis leidub suuremal määral loomade maomahlas, on leida ka lihasööjais taimedes. Trüpsiini sarnast fermenti on leitud idanevais seemneis, mil on tarvis munavalget diffundeeruvaks muuta, edasisaatmiseks kasvavaisse osadesse. Siin on kohane veel meele tuletada, et fermendid tuletavad meele anorgaanilise looduse katalüsaatorid.

Mõned loomad hiilgavad, näituseks kalad. Otse samuti on lugu taimedega. Hiilgavad seened ja bakteerid on ammu tuntud.

Loom tarvitab toiduks keerulise ehitusega olluseid, mis taime- ehk loomariigist pärit. Need ollused sisaldavad eneses rikkalikult potentsiaalset energiat, mis vabaneb hapendumise puhul, muutudes tööks, soojuseks ja elektriks.

Taim võtab maa seest ja õhust lihtsaid olluseid, milles vähe potentsiaalset energiat, ja valmistab neist keerulise koosseisuga olluseid, mis sisaldavad palju energiat. Selleks sünteesiks tarvitab taim päikese valgus-energiat. Oma elutegevuseks tarvitab

taim enese valmistatud keerulist ollust, millest ta saab energiat olluste edasikandmiseks, soojuse sünnitamiseks, liikumiseks, kasvamiseks.

Nõnda näeme, et taime- ja loomariik tarvitavad ühteviisi olluseid ja energiat. Ainuke sügavam lahkuminek nende vahel seisab selles, et taim suudab ära kasustada otsekohese päikese-energia (klorofülli abil), kuna loomal puudub see võime. Loom tarvitab päikese-energiat kaudselt, seda, mis taim tagavaraks on kogunud. Taim ehitab enesele lihtsaist olluseist ise keerulised ollused.

Lahkuminek, mis olemas, ei ole sugugi oluline, tähtis. Ta väheneb veel rohkem, kui meele tuletada, et seened ei suuda ise enestele tarvisminevaid olluseid lihtsaist valmistada, ja toidavad endid nagu loomadki. Tähendab, taime- ja loomariigi vahel on väga palju sarnasust. Isegi nõnda palju, et raske on kindlat piiri tõmmata taime- ja loomariigi vahel. Nad mõlemad on niivõrt sarnase ja ligida ehitusega, et sünnitavad ühe ainsa ühise orgaanilise looduse. Seda ühtlust tuleb arenemise ja elutingimuste vaatlemisel ka edaspidi iga sammu peal tähele panna.

3. Elutingimused.

Kui võtta paas ja sinna peale valada soolhapet, siis tekib süsihapu gaas (CO_2). Ilma kokkupuutumiseta ei sünni gaasi. Paas veega ega soolhape ühes näit. rauaga ei sünnita süsihaput gaasi. Iga osa — soolhape, paas — ja nende kokkupuutumine on järelikult tingimata tarvilikud süsihapu gaasi saamiseks. Nähtuse toimumiseks tarvilikud asjaolud on selle

nähtuse tingimused. Soolhape, paas, kokkupuutumine — need on CO_2 saamise tingimused.

Sulatame väävlit sooja käes (sulatamise $t^0=114,5^0$), kuumutame, kuni ta venivaks muutub, ja valame ta siis külma vette. Nõndaviisi saame poolkõva painduva — n. n. plastilise väävli. Mõne tunni pärast on ta rabedaks muutunud. Plastiline väävel saab endiseks, rombiliseks. Tähelepanemise-väärt nähtus on veel see, et rombiline väävel muutub temperatuuris üle $95,4^0$ monokliiniliseks (ühesümmeetriliseks). Sula väävli vette-valamine on plastilise väävli sündimise tingimuseks. Monokliinilise väävli tekkimise tingimuseks on temperatuuri tõus üle $95,4^0$, kuid mitte üle $114,5^0$. Siin ei saa mitte põhjusest rääkida, sest põhjused on teadmata, kui põhjuse all mõista vastust küsimuse peale: „mispärast?“

Madalas temperatuuris külmab vesi, kõrges muutub auruks, raud sulab kõrges temperatuuris jne. Kõigi olluste seisukord oleneb neist välistest tingimustest, milledes nad asuvad.

Elusad olevused on iseäranis tundlikud mitmesuguste väliste tingimuste muutumiste vastu. Praeguse aja elutingimusi jagatakse kolme rühma; need on: 1) füüsilised, 2) keemilised ja 3) bioloogilised.

a. Füüsilised tingimused.

Füüsiliste tingimuste sekka loetakse temperatuuri ja rõhumist.

Elu oleneb väga kangesti temperatuurist. Nagu teada, on rakus kõige enam vett ja munavalget.

Vee omadused on teada: ta külmab 0^0, keeb 100^0 temperatuuris. Protoplasma, kui munavalge-ollus,

tardub teatavas temperatuuris (kanamuna keetmine!). Munavalge tardumise temperatuuriks on + 50—60° C. Tardunud munavalget ei saa enam mingisugusel teel tema endisse olekusse tagasi viia. Elu on võimalik ainult 0° ja + 50—60° piirides, sest külmanud ehk tardunud protoplasmas ei ole võimalik liikumine, olluste vastuvõtmine ja väljaheitmine, jagunemine, ühe sõnaga— ei ole võimalikud elutegevused. Elutegevus on võimalik ainult vedelas või sülditaolises protoplasmas.

Mõned organismid suudavad kõrgemat temperatuuri välja kannatada kui suurem hulk teisi. Sinirohelised vetikad, infusoorid, suudavad isegi kuuma vee allikates elada, kus t° = 50—70° C., äärmiselt 81°. Neis piirides on võimalik tegev elu. Varjatud elu ei puudu ka väljaspool neid piire. Kalu võib ära külmetada kuni —15°-ni, missuguses temperatuuris neid võib pulbriks tampida. Kuid kui neid ettevaatlikult ära sulatada, siis hakkavad nad jälle tegevalt elama. Konni võib ära külmetada —28°-ni, sadajalgseid —50°-ni, tigusid —120°-ni, mõndi bakteere alla —200. Bakteerid (*Bact. phosphorescens)* on isegi —252° temperatuuri üle elanud. Igapäevasest elust on teada, et taimed elavad talvekülma ilma veata üle (oras, puud jne.), nõndasamuti aedade külge kinnitunud nukud, pragudesse pugenud putukad jne. Loomade külmetamisel on tähele pandud, et looma keha jahutamisel teataval silmapilgul tõuseb ta keha temperatuur järsku mõne kümnendiku ehk mõne kraadi võrra. Liblika jahutamisel langes temperatuur —9,3°-ni, siis tõusis ta järsku —1,7°-ni. Temperatuuri tõus tuleb sellest, et veri ja mahlad olid alguses vedelas olekus, alajahtunud, siis hakkasid nad järsku kindlaks külmama, mille

juures vabanes sulamise varjatud soojus. —4,5° temperatuuris olid kõik kehaosad kõvaks külmanud. Kuid kui ka niisugune läbikülmanud liblikas aeglaselt ära sulatati, siis hakkas ta jällegi liikuma. Kui aga temperatuur langes pärast vere külmamist alla —9° C., siis ei olnud enam võimalik looma ellu äratada. Seda temperatuuri, millest allapoole jahutamisel surm looma tabab, nimetatakse surmapunktiks.

Samuti on jääks külmetada võidud ka soojaverelisi loomi, nimelt nahkhiiri. Selgi juhtumisel on tähele pandud temperatuuri hüpet ja sama kõrget surmapunkti. Nahkhiire rinnakoopa avamisel oli leida, et kõik koed ja veri olid kõvaks külmanud. Selles seisukorras ei avalda loom muidugi mingisugust elu tundemärki, kuid ta ei ole siiski surnud. Niisugust seisukorda kutsutakse anabiootiliseks.

Kõrget soojust kannatavad välja iseäranis sagedasti bakteeride eosed ja kuivad seemned. Siberi katku ja heinabakteeri eosed ei sure nii pea ka +130° C. temperatuuris. Eosed sisaldavad vähe vett. On leitud, et mida veerikkam ehk mahlasem on taim ehk loom, seda rohkem kannatab ta sooja ja külma käes. Veevaene protoplasma ei tardu. Kanamuna kuiva munavalget on kuumutatud 160°-ni, kuid siiski ei tardunud ta. Vees omandas munavalge endise sülditaolise konsistentsi. Külmamise korral tekivad taime rakkude vaheruumis jääkristallid, vett tungib rakust ja protoplasmast välja. Kui vett mitte palju välja ei ole läinud, siis immitseb ta aeglase sulamise korral rakku ja protoplasmasse tagasi. Kui aga jää kiiresti sulab, nii et vesi ei suuda nõnda ruttu tagasi pääseda, siis jääb protoplasma kerasse ja sureb.

Mitmesugustel olevustel on elutegevuseks mitmesugused piirid. Nisu ehk oder hakkab idanema juba 3—4°, tubakas ja kõrvits alles 11—16° soojuses. 3—4° sooja käes ilmuvad teradel eod alles teisel nädalal, 20—25° juures aga ühe päevaga. Kui aga temperatuur veel kõrgemale tõuseb, siis jällegi idanevad terad aeglasemini. 40° juures ei idane nad üleüldse enam. Idanemiseks antud juhtumusel kõige madalam t=3—4°, kõige parem t=20—25°, kõige ülem t=40°. Need on miinimum, optimum ja maksimum. Ka igal teisel elutegevusel on oma alammäär (miinimum), kõige kohasem temperatuur (optimum) ja ülemmäär (maksimum). Näituseks olgu bakteeride sigimine:

Tiisikusebakteer — miin. +30°, opt. +38°, maks. +42°.
Heinabakteer — „ + 6°, „ +30°, „ +50°.

Kui temperatuur miinimumist vähe kõrgem, siis on elutegevus väga aeglane, kuid muutub temperatuuri tõusuga ruttu kiiremaks. Igaüks on tähele pannud, et kevadel soojade ilmadega tärkab rohi kiiresti mulla põuest, puud lehivad ruttu, loomariik hakkab kihama. Kuid niipea kui ilmad lähevad jahedaks, on kõik elu aeglaseks jäänud. Vaevalt kasvab rohi, lehed, laisalt jookseb ehk lendab mõni putukas. Nagu nägime, muutub elutegevus 10°-lise temperatuuritõusu korral 2—3 korda kiiremaks, otsekui elutute olluste keemiliste reaktsioonide kiiruski. Konnamunad arenevad kõrgemas temperatuuris palju rutemini, nõndasamuti liblikate röövikud jne. Väljalõigatud konnasüda tuksub kõrgemas temperatuuris kiiremini kui madalas, kõik külmaverelised on elavamad sooja käes: erkude ja lihaste tegevus on kiirem (juhtivus, kokkutõmme).

Imetajad ja linnud võivad talvel ainult sellepärast elavalt liikuda, et nende keha temperatuur on püsivalt kõrge. Nagu katsed näitavad, on elutegevuse kõige suurem kiirus harilikult 36—40° piirides. Sellepärast oleneb ka inimese kiire elutegevus ja arenemisvõimalus (ka talvel) sellest, et ta keha temperatuur on kõrge, püsiv. Nimelt sellepärast on linnud ja imetajad ilma valitsejad ja kõige enam arenenud mõistusega, ajutegevusega.

Külmas kliimas on loomadel, kellel püsiv kõrge keha temperatuur, mitmesugused kaitseabinõud üleliigse soojuse ärakaotamise vastu. Imetajail on tihe karv, mille tõttu sünnib kaunis paks seisev õhukiht, mis on halb soojuse juht. Suvel on neil õhem karv kui talvel. Lindudel on kaitseks suled ühes udusulgedega, mis ka talveks uuendatakse. Palju linde rändab talveks soojale maale. Kuid rändamise põhjuseks ei tule arvata üksi külma, vaid peaasjalikult toidu puudust. Selsamal põhjusel uinuvad paljud imetajad külmaks aastaajaks talveunele (missugused?). Mõned imetajad on varustatud külma kaitseks paksu nahaaluse rasvakihiga (hüljes, jääkaru, vaalaskala), mis on halb soojuse juht. Sisalikud ja konnad poevad maa alla varjule.

Selgrootud loomad elavad külma aja sagedasti munade ehk nukkude näol üle talve, harilikult poevad ka neist paljud mitmesugustesse kohtadesse varjule. Vihmuss elab talvel sügavamal maa sees.

Ka taimed tarvitavad abinõusid kaitseks külma eest. Puude ja põõsaste pungad on kaetud paksude soomustega, villaga või vaiguga. Üle talve elavad lehed on kaetud paksu marraskiga (pohl,

luuderohi jne.). Polaarmail kasvavad puude ja põõsaste tüved maa ligidal, kust nad enam soojust saavad. Sooja alalhoidmiseks tõmbab võilill oma laia õiekrooni kokku, misjuures väheneb soojakiirgamise pind. Nõndasamuti sulguvad paljud teised õied ööseks. Jänesekapsas ja ristikhein lasevad äärmised lehed loodis allapoole, mis jällegi vähendab soojuse üleskiirgamise pinda. Punane lehtede ja kevadiste noorte taimede värv peab enam soojuse kiiri kinni.

Soojas kliimas tuleb taimel kui loomal võidelda üleliigse soojuse vastu. Harilikum viis, mis keha temperatuuri ei lase väga kõrgele tõusta, on keha pinnalt rikkalik vee auramine. Aur viib enesega palju soojust kaasa, mis auru sünnitamiseks tarviline oli. Soojuse vigastamise eest kaitseks võib olla ka kuivamine ehk suveuni. Loomadel aurab suures soojuses higi näol palju vett naha pinnalt. Kui aga soojus siiski kehas tõuseb (soojaverelistel üle 42°), siis sureb loom liiga ägeda olluste reageerimise tagajärjel. Mõnel imetajal, kes soojal maal elab, puuduvad karvad, ehk need on vähe arenenud (elevant, jõehobu, ninasarvik).

Soojus avaldab oma mõju ka kehaehituse peale. Koeraliblikas (*Vanessa urticae*) on põhjamail, tundrates heledavärviline, kuna ta lõuna pool on palju tumedam, teravamini piiratud kontuuriliste tiibadega. Kui hoida lõunapoolse liblika nukkusid mõni nädal jääkapis, siis ilmuvad heledavärvilised liblikad. Põhjapoolse liblika nukkusid 3—4 päeva haudumiskapis hoides (34—36°) saadakse lõunapoolne teisend.

Põhja pool elavad varesed on suuremad kui lõuna pool. See on kohane asjaolu, sest suuremal

loomal on võrdlemisi vähem kehapind, mispärast ka tema soojuse kaotus ei ole võrdlemisi nõnda suur.

Teatavasti on troopikas hoopis teine taime- ja loomariik kui polaarmail. Külmal maal kasvavad taimed peavad suutma vastu pidada talveajale. Soojal maal puudub see tarve, kuid seal tuleb sagedasti võidelda suure soojusega.

Troopikas on elu ütlemata rikas ja mitmekesine, sest seal on elu võimalik vahet pidamata, kuna polaarmail on kasvamine ja sigimine külma mõjul takistatud, elu ise on võimalik ainult mõned kuud aastast. Takistatud on elu külma pärast, teiseks on sigimine piiratud vähese toidu tagajärjel: seal ei saa taimed nõnda palju valgust, ei suuda seepärast nõnda palju orgaanilist ollust valmistada.

Teiseks tähtsamaks füüsiliseks tingimuseks on mehhaaniline r õ h u m i n e, esimeses joones õhu rõhumine. Maakera pinnal on õhu rõhumine vähe muutlik; loomad ja taimed suudavad aga kaunis suuri rõhumise kõikumisi välja kannatada. Sellepärast ei ole harilikkudes tingimustes õhurõhumisel suuremat mõju organismide peale. Surmavaks saab rõhumine alles siis, kui ta tõuseb 15—20 atmosfäärini (soojaverelised). Rõhumise vähenemise korral peab see ka mitu korda langema, enne kui ta elule hädaohtlikuks muutub. Kui õhupallil üles tõusta kuni 7500 meetrini, siis ilmub nõrkus, ükskõiksus, tahtmine mitte liikuda, kõrvades tundub kumin, ninast, kõrvust ja suust ilmub sagedasti veri. Tegevuse ajal ilmub väga kiiresti väsimus. Umbes kilomeetri võrra veel kõrgemal on elul varsti lõpp. Sel juhusel tuleb surm hapniku puudusest, sest hõredast õhust ei

saa organism teda tarvilisel määral. Kui hapnikku sisse imetakse, siis on võimalik isegi palju kõrgemale tõusta (10.500 mt., 1901. a. Berson ja Süring), kuid 10.250 mt. kõrgusel läheb ka siis reisijail mõistus segaseks. Kiire väsimus ilmub ka mägedele tõusmisel. Põhjuseks on jällegi hapnikuvaesem õhk. Mägestikus peab hingamine sügavam olema, sest muidu ei saa tarvilisel määral hapnikku. Suurema tegevuse tagajärjel arenevad paremini hingamislihased ja kogu rinnakorv. See on üheks põhjuseks, mispärast tiisikushaiged mägestikuõhus kergemini paranevad.

Ka vähemad õhurõhumise muutumised on tunda. Äikese eel, mil õhurõhumine langenud, tundub õhk raske ja rõhuvana.

Vees on rõhumisel suurem tegelik tähtsus. Mere sügavustes valitseb hiiglasuur rõhumine, kuid siiski suudavad organismid seda välja kannatada. Vees tõuseb iga 10 mt. kohta sügavamasse minekul rõhumine ühe atmosfääri võrra; seega on rõhumine 2.000 meetri sügavuses juba 200 atm. 600 atm. rõhumisel jäävad *Paramaecium*'i ja *Colpidium*'i ripsmed seisma, kuid kui rõhumine langeb, hakkavad nad uuesti liikuma. Need infusoorid ei suudaks seepärast elada nõnda kõrges rõhumises. Kuid isegi suuremas rõhumises on mere sügavustes elusaid organisme leitud. Nad suudavad suurt rõhumist välja kannatada, nad on seega „harjunud". Peale hiiglarõhumise tuleb sügavuse organismidel võidelda valguse puudumisega. Sügava vee kalad on iselaadilise ehitusega. Kui neid mere pinnale kistakse, siis surutakse harilikult sisikond suust välja, keha on suuremaks paisunud. Sügavas on kehas suur rõhumine sihitud veerõhumise vastu. Pinnal puudub

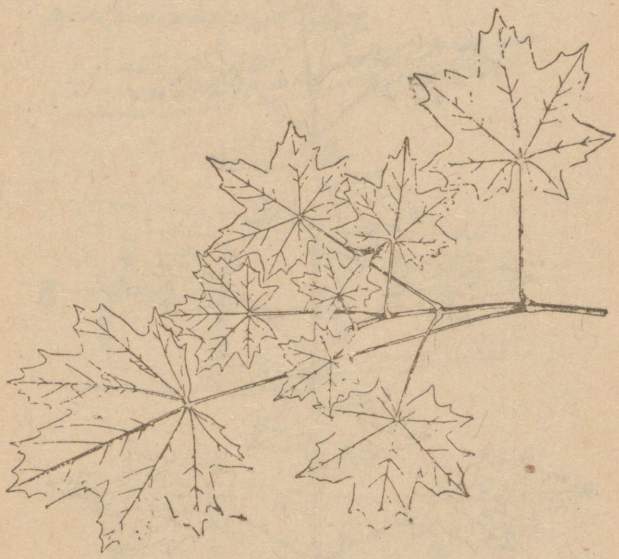
suur veerõhumine, kuna sisemine rõhumine on endise tugevusega.

Raku elus on suur tähtsus osmootilisel rõhumisel. Kui võetakse 4%-list raudtsüaankaaliumi ja tilgutatakse sinna kontsentreeritud vaskvitrioli, siis saadakse vaskvitrioli tilkade ümber poolläbilaskja kile, mis laseb vett sisse, kangemasse lahundisse, kuna vaskvitriol ei tungi läbi välja. Rakkudel on ka suurel määral poolläbilaskja kile omadused. Kui verde kallata destilleeritud vett, siis lahjeneb plasma, kuna punastes vereliplede püsib endine olluste (soolade jne.) kontsentratsioon. Sellepärast tungib vesi vereliplede sse, rõhub nende seinte peale ja nad paisuvad suuremaks, kuni viimaks lõhkevad. Samuti on lugu vaskvitrioli tilkadega raudtsüaankaaliumis.

Kui aga verelibled asetada suuremakontsentratsioonilisse lahundisse, siis tungib neist vesi lahundisse ja verelibled tõmbuvad vähemaks, sagedasti konarlisteks, kui lahund küllalt kontsentreeritud oli (näit. 10% NaCl). Nõndasamuti on lugu taime rakkudega. Ka nende protoplasmast tungib vesi välja, mille tagajärjel ta ise koomale tõmbub, täites ainult väikest osa kestast sünnitatud ruumist. Paljude organismide veri sünnitab niisama suure rõhumise, kui 0,6—0,9%-line keedusoola lahund. Looma koed, mida soovitakse elus hoida, peab paigutama lahundisse, mille osmootiline rõhumine ehk kontsentratsioon on niisama suur, kui koes. Destilleeritud vees ehk suuremas kontsentratsioonis sureb kude palju kiiremini kui nimetatud tingimustel (isotoonilises lahundis).

Mere vesi sisaldab teatavasti 3,5% ümber soolasid, mage vesi märksa alla 1%. Sedamööda on mere-

vees osmootiline rõhumine ka palju suurem kui magedais vetes. Seepärast ei suuda elada mereloomad ja -taimed magedas vees ega mageda vee organismid soolases mere vees. Kuid siiski võivad paljud mageda

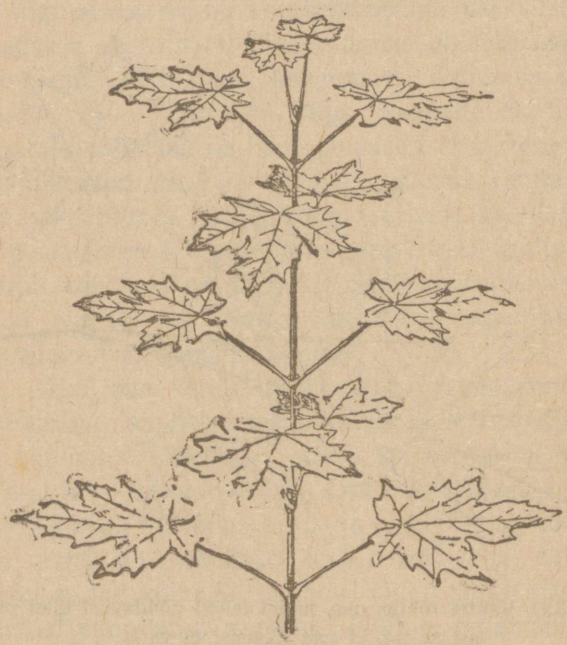


Joon. 18a. Vahtra rõhtus oks, millel lehed nõndaviisi ühel pinnal asetsevad, et nad üksteist ei varja.

vee organismid ära harjuda mereveega, iseäranis kui üleminek ei ole järsk; samuti on lugu vastupidisel korral.

Tähtsaks, kuid mitte üleüldiseks elutingimuseks tuleb lugeda valgust. Praegused organismid tarvitavad kõik päikeselt saadud energiat. Elu üleüldse on võimalik maakeral päikeselt tuleva energia abil. Tai-

med püüavad valgusenergiat ja valmistavad tema abil põlemata ollustest p õ l e v a d, milles energia potentsiaalseks muudetud. Pimeduses on roheliste taimede kasvamine ja sigimine võimatu.

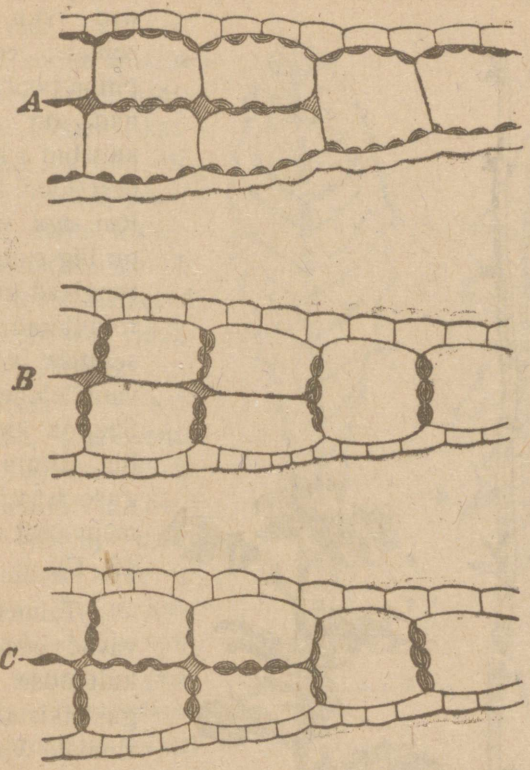


Joon. 18b. Vahtra latv rist-vastaslehtedega.

On ju küllalt olevusi, kes suudavad elada pimedas, kuid nende elu on võimalik ainult sellepärast, et rohelised taimed on neile tarvilised ollused valmis teinud. Nõnda siis olenevad kõik organismid päikese valgusest.

Nõndaviisi on valgus palju suurema tähendusega taimeriigi kui loomariigi kohta.

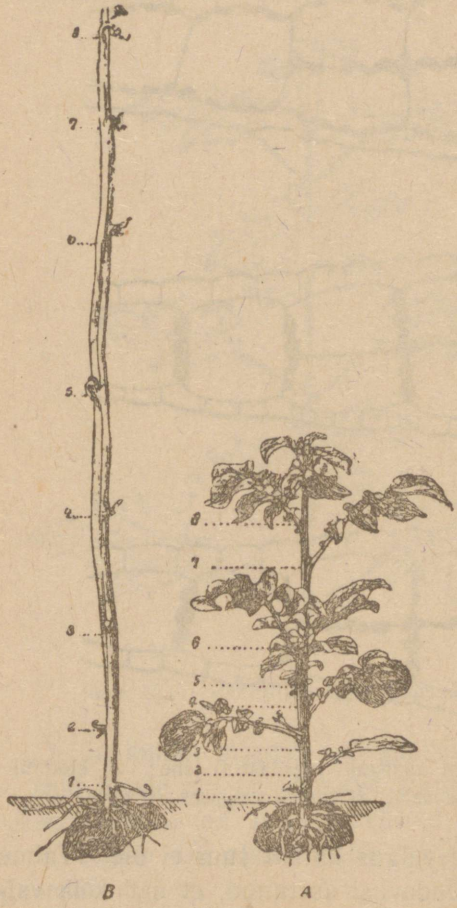
Taimed püüavad võimalikult rohkem valguskiiri ära tarvitada. Nad pööravad oma lehed ristloodis



Joon. 19. Ristlõik läbi ristlemle (vesiläätsa) lehe: *A* klorofüllterade seis päevaajal; *B* suures valguses; *C* ööse.

päikese poole, kui valgus küllalt suur ei ole. Taime lehed on varrel nõndaviisi asetunud, et nad kõik valgust saaksid. Nad on kogutud ühele pinnale (joon. 18 a) või asuvad varrel vaheldamisi (joon. 18 b),

Päevaajal kogunevad klorofüllterad lehe valgus-kiirtele ristloodis seisvale raku seinale, et rohkem valgust kinni püüda (joon. 19, *A*). Ööse tungivad nad raku rist-seinale, eemale pinna poolt, kus nad on enam kaitstud külma eest (joon. 19, *B*). Kui aga valgus on liig suur, siis tungivad ka klo-rofüllterad rist-seintele ja süga-vamale lehe sisse. See on kaitseks liig suure val-guse hävitava mõju eest (joon. 19, *C*).

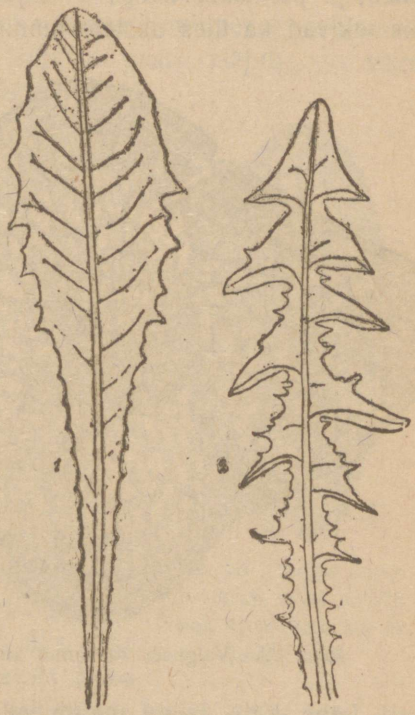


Joon. 20. Keldris (*B*) ja valguse käes (*A*) kasvanud kartul.

Taimed kas-vavad peaasjali-kult ööse. Val-gus takistab kas-vamist. Valguse takistava mõjuga seletatakse ka taime varte ja lehtede valguse poole pöördu-mist (heliotropis-mi). Vähem val-

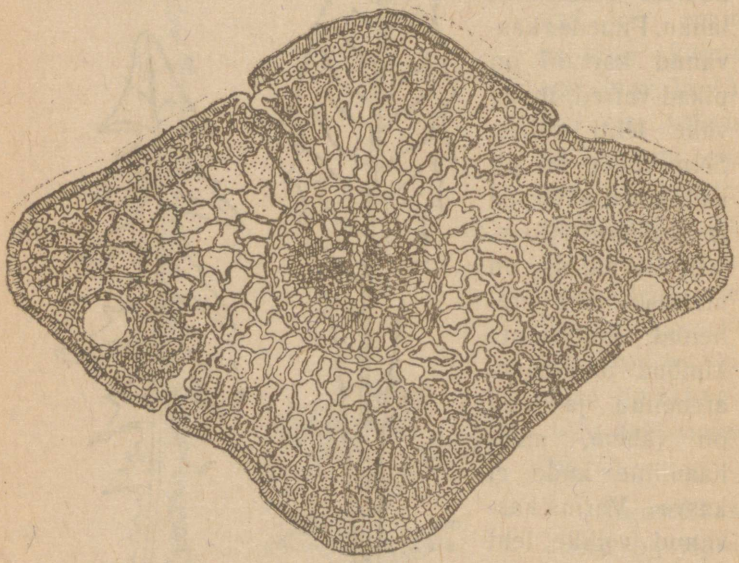
gustatud taimekülg kasvab kiiremini ja sunnib kogu taime painduma valguse poole.

Pimedas ja valguses kasvanud lehed ning taimed lähevad harilikult kuju kui ka ehituse poolest teineteisest lahku. Pimedas kasvanud kartulil on pikad varred, millel vähe lehti küljes. Sõlmevahed on pikad, lehed väikesed ja kollased (joon. 20). Pimedas on marrask vähe arenenud, kiudsoonte kimbud on vähem arenenud ja neid on vähem, mehhaaniline kude ei kasva. Varjus kasvanud võilille leht on suurem, peaaegu terveäärne, kuid päikese paistel kasvanul on lehe ääred väga hambulised, leht ise on vähem (joon. 21). Varjus kasvanud leht on õhem. Lehe kuju muutmise illustreerimiseks olgu veel joon. 22 ja 23, mis kujutavad kuuse krooni sees varjus ja krooni pinnal valguse käes kasvanud okka läbilõiku. Väga



Joon. 21. *1* varjus, *2* päikesepaistel kasvanud võilille leht (orig.).

hästi näitab valguse mõju lehe peale järgmine katse. Võetakse ümmaralehine kellukas, kellel loomulikult on all maa ligi rohu varjus ümmarikud, varrel aga kitsad lehed, ja pannakse kangesti varjulisse kohta kasvama, siis tekivad ka üles okstele ümmarikud lehed.



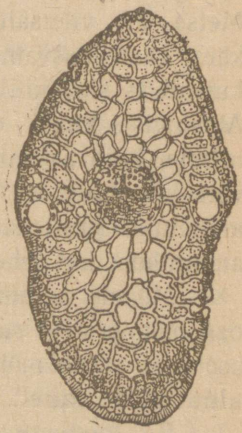
Joon. 22. Valguses kasvanud kuuse okka ristlõik.

Lehe kuju peale mõjub valgus vähemalt suurel määral auramise teel. Valguses aurab taim enam vett ära kui pimeduses. Kui taime kasvatatakse õhus, mis on küllastatud veeauruga, siis tekivad niisamasugused lehed, kui varjus (kirikakar).

Kuid ka otsekohe valgus avaldab mõju taime kasvamise ja sigimise peale. Kasvamiseks on tarvilikud teise poole spektrumi kiired, mis ei ole mitte

tegevad süsihapu gaasi assimileerimisel. Taimed, mis kasvatatakse ilma ultraviolettide kiirte juurepääsmiseta, peaaegu ei õitse ega kanna seemneid [1]). Valguse mõjul toimuvad taimes nähtavasti mitmesugused reaktsioonid. Et valgus olluste peale mõjub, on väga hästi teada. Fotografeerimisplatil laguneb broomhõbe, misjuures vabaneb hõbe musta pulbri näol. Väävelhappe anhüdriid laguneb ultraviolettide kiirte käes väävlisanhüdriidiks ja hapnikuks:

$$2SO_3 = 2SO_2 + O_2.$$



Joon. 23. Varjus kasvanud kuuse okka ristlõik. Sama suurendus, kui 22. joonistusel.

Valguse suurt mõju kasvamise peale võib väga hästi tähele panna metsas. Võtame metsa all kasvava kuuse ja vaatleme ta aastaringisid. Otsekohe on märgata, et nad on väga kitsad: kuusk on väga aeglaselt kasvanud. Paari sentimeetri jämune alusmetsa kuusk võib olla juba 50—70 aastat vana, kuna sama vana valguse käes kasvanud kuusk võib olla üle 25 sm. jäme.

Varjurikka metsa alt on leida väga vähe taimi. Vaene on ka meresügavuse elu, kuhu valguse kiired ei suuda tungida.

---

1) Selleks kasvatatakse taimi klaaskupli all, mille kahekordsete seinte vahel on väävelhapu hiniin. See ollus (ja ka klaas) peavad ultravioletid kiired kinni.

Valgusenõudlikkuse poolest lähevad taimed üksteisest palju lahku. Kuusk ja lõhmus suudavad kasvada kaunis varjulises metsas, mänd ja haab nõuavad aga suurt valgust, mispärast nad ei kasva metsa all.

Huvitav on siin tähele panna, kui suure tähendusega on harjumine ehk kohanemine ka taimeriigis. Metsa all viletsalt kasvanud kuusk peaks valguse käes hästi kasvama hakkama. Kuid otse sellevastu kuivab ta siis, kui ta satub paremaisse tingimustesse. Alusmetsa kuusk oli kohanenud väikesele vee auramisele, kuid sattudes järsku valguse kätte, hakkas ta vett kiiremini ära aurama. Ta ei suuda oma vähe arenenud juurtekavaga nõndapalju vett maapõuest ammutada, kui lehed ära auravad, ning ta kuivab.

Mõnele organismile on valgus hävitav. Suurem osa bakteeridest sureb varsti valguse mõjul. Paljude seentegi peale mõjub valgus halvavalt, iseäranis aga ultravioletid kiired.

Ka loomade peale avaldab valgus suurt mõju. Valguses on olluste vahetus kiirem. Valguses tarvitab loom enam hapnikku ja heidab rohkem CO_2 välja (katsed koerte ja meresigadega). Nälga sureb loom valguses rutemini kui pimeduses. Regeneratsioon ja kasvamine on valguses kiirem. Pimedas kasvatatud tõugud (*Arctia caja*) surevad välja. Pimedas on veres vähem hämoglobiini. Paljud haigused paranevad valguses, iseäranis ultraviolettide kiirte mõjul (luutiisikus, tiisikus). Siit näeme, et valgus avaldab head mõju loomadegi keha peale.

Kuid suur valgustus mõjub ka siin halvasti, iseäranis kui loom ehk inimene ei ole veel harjunud valgusega. Kui nahka, mis ikka pimeduses olnud,

järsku valgustada kauemat aega, siis hakkab ta punetama, tekivad isegi villid, mis valu sünnitavad. Naha pealmised kihid langevad tükkidena maha. Aegamöödasel valgustamisel tekib nahasse pigment, mis ei lase kiiri sügavale tungida ja mis takistab keha vigastamist. Keha harjub valgusega.

b. Keemilised tingimused.

Keemiliste tingimuste all tuleb mõista esimeses joones toitu. Elutegevusel kulub energia, lahkub kehast soojuse ehk töö näol. Asemele saadakse toidust uut energiat. Organism neelab toitvaid olluseid ja heidab välja olluseid, milles vähe energiat. Harilikult on toidu neelamise ja äratarvitamise vahel tasakaal. Kui aga organism ei saa enam uut toitu, siis kaob tasakaal: laguneb kehasse kogutud tagavara ja ka keha enese elus ollus, sest elu ei ole võimalik ilma ollustest energia vabastamiseta, ilma olluse tarvitamiseta. Tasakaal on rikutud isegi sel korral, kui organism ka toitu neelab, kuid vähesel mõõdul. Täielikku toidu vastuvõtmise puudumist nimetatakse näljaks, puudulikku toitmist — alatoitluseks.

Nälja ajal lagunevad keha ollused nõnda kaua, kuni organism sureb. Sagedasti võib organism poole ehk enamgi oma algusraskusest kaotada, enne kui ta sureb. Nälginud organismis on vett enam kui korralikult toidetus. Hapniku tarvitamine on vähem. Nälginud olevus on aeglasem. Mitmesugused orgaanid jäävad nälgimise tagajärjel mitmesugusel määral kergemaks. On võrreldud ühesuguste tuvide, kellest teine näljasurma surnud, orgaanide raskust (Chossats). Sel teel on leitud, et rasvkude kaob pea täielikult

(93 %), põrn, kõhunääre ja maks kaotavad üle poole raskusest (62—71 %), lihased — 34—45 %, nahk, neerud, kopsud 22—33 %, luud 17 %, ergukava — 2 %. Siit on näha, et tähtsamad koed ei kaota nõnda palju kui vähem tähtsad.

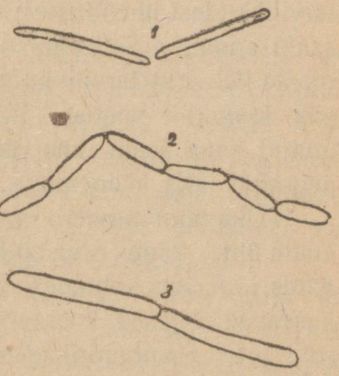
Nälgimise kestus surmani võib olla väga mitmesugune. Ilma toiduta suudavad elada: linnud 5—28 päeva, koerad 25—36 ja enam, kõnn 1 aasta, kilpkonn 4 aastat, lutikas 1 a., kaan 2 aastat. Mutt, kes on väga ablas, suudab ilma toiduta olla kõigest ühe päeva. Inimesed võivad nälgida 40 päeva ja enam, kuid hoored palju vähem.

Ühekordne nälgimine ei avalda püsivat halba mõju organismi peale. Triitonid ehk veesisalikke on lastud nälgida kasvamis-ajajärgus 7—8 nädalat. Kuid niipea kui nad toitu hakkasid saama, kasvasid nad varsti teistele järele, kes harilikkudes tingimustes elasid. Sagedasti korduv lühiaegne nälgimine avaldab hoopis teistsugust mõju. Triitonid, kes igal teisel nädalal nälgisid, ei suutnud normaalseile järele kasvada, nad jäid neist 0,3 võrra kergemaks. Kui puudulik toitmine kaua kestis, siis jäidki nad normaalseist vähemaks.

Samuti on lugu ka laste kasvamisega. Rahvakoolis käijad 13-aastased õpilased on 144,7 sm. pikad ja 36,5 kg. rasked; gümnaasiumi õpilased, kes harilikult rikkalikumat toitu saavad, on 150,6 sm. pikad ja 41,6 kg. rasked (P.-Ameerika andmed). Toitmise juures ei ole tähtis üksi harilikkude toitvate olluste rohkus, vaid ka mitmesuguste lisaolluste rikkus. Kui puudub toidus mõni sool, vitamiin, rasvataoline lipoiid jne., siis on kasvamine ja elamine nõndasamuti

takistatud. Vosvorivaese toiduga söödetud põrsad kasvavad aeglaselt, nende luud jäävad nõrgaks. Meresead, kes ei saa värsket vitamiine sisaldavat toitu, elavad ainult mõne kuu.

Otse nõndasamuti kui loomadega, on lugu ka taimedega. Sae- ehk klaasipurusse pandud seeme ehk taim kasvab nõndakaua, kuni tal jatkub toitvaid tagavara - olluseid. Kui aga on vees, millega taime kastetakse, kõik soolad (lahjas lahundis!) olemas ja taim asetatud päikese paistele, siis kasvab ta normaalselt. Pimedas ehk mõne soola puudumisel on kasvamine väga vaevaline. Rauasoola puudumisel jäävad taime lehed kollaseks.



Joon. 24. Heinabakteerid (Bacillus subtilis): *1* kasvanud nõrgaltlehelises 5 % lihaekstrakti lahundis; *2* neutraalses 5 % suhkru ja 0,1 % liha ekstraktis; *3* heina infusioonis.

Sagedasti avaldab toit ehk teised keemilised ollused mõju organismi kujugi peale. Heinabakteerid, mis mitmesugustes tingimustes kasvanud, ei ole ühesuguse suuruse ja kujuga (v. joon. 24).

Kõigest sellest on aru saada, mispärast kasvab vaesel liivasel maal vili ja hein halvasti, kuna ta rikkalikult väetatud pinnal sirgub sihvakaks ja suureks.

Ollused, mida taimed tarvitavad (K, Na, Ca, Mg, Fe, P, S ühendused), tekivad maapinda kaljude ja kivide murenemise teel. Iseäranis kergesti lahundu-

vad K ja Na ühendused, mispärast neid vesi ära uhab ja sügavamale kannab, rohkemal määral siis, kui muld sõre ehk sõmer. Peale selle on suur tähtsus K ja Na ühenduste maapinnast kadumise kohta lõikusel. Ühes saagiga, teradega ehk heinaga viiakse põllult ehk heinamaalt ka nimetatud ühendusi ära. Maapind jääb tarvilikkudest ühendustest vaesemaks ja hakkab vähem saaki andma. Sellepärast on tarvis põllule ja heinamaale jälle uut tarvilikku materjali muretseda (kunstlik ehk loomulik väetis). Viljarikas mustamullamaa on annud kaua saaki ilma väetamata, kuid ka tema jääb aeg-ajalt ikka kõhnemaks.

Üks taim tarvitab oma elamiseks ja kasvamiseks enam ühte, teine — teist ollust. Prügihunnikuil, aedade ääres ja teistes kohtades, kus rikkalikult lämmastikku, kasvavad nõgesed, koerapöörirohi, maltsad, verehurmarohi jne. Kaaliumirikkal maal kasvavad hästi punandid, pujud, nisu, tubakas, tatar, suhkrunairis. Kaltsiumirikkal maal kasvavad ristikheinad, koldrohi, paljud käpalised. Palju siliitsiumi sisaldavad kõrrelised ja osjad.

Liig soolarikkal maapinnal suudavad ainult teatavad taimed kasvada, nimelt niisugused, kes võivad kuiva välja kannatada. Soolarikkuse tagajärjel ei ole vee immitsemine taimesse kerge.

Toidusaamise küsimus on organismi elus esimese tähtsusega küsimus. Toitu on olemas ainult piiratud määral. Sellepärast ei saa kõik ilmalesündinud olevused küllalt toitu ning paljud peavad surema toidu puudusel. Kui aga toitu on küllalt olemas, siis sigib organism väga kiiresti. Üks ainus bakteer annaks mõne päeva jooksul nõnda palju järeltulevat sugu, et see täidaks kogu maakera. Toidu puudumine paneb sigi-

misele piiri. Puudulik toit takistab ka kõrgemate loomade ja taimede sigimist. Kuid otse samuti mõjub liigtoitlus. Liig rammusal maal kasvavad taimed küll suureks, kuid nad ei kanna seemneid ehk need on väga kidurad. Ka liialt toidetud loomad kaotavad sigimisvõime. Kuid paras rikkalik toit edendab looma kui ka taime sigimist.

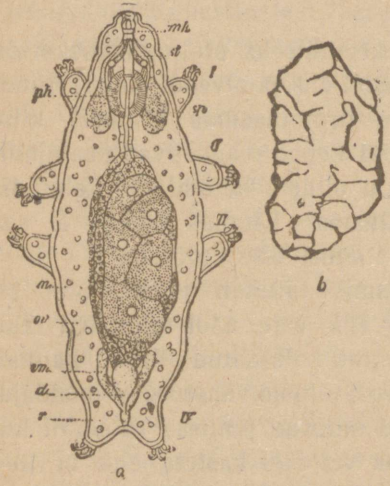
Teiseks tähtsaks keemiliseks elutingimuseks on v e s i. Elus ollus on vedel ehk poolvedel ollus. Ainult vedelas seisukorras on protoplasmas võimalik kiire olluste vahetus. Kindlad kehad reageerivad pea ainult vedelas olekus. Vesi on olluste lahundaja. Lahundis toimuvad muutused ollustes. Kindlas olekus ei saa protoplasmas olluste vahetust ette kujutada.

Iga rakk organismis tarvitab toitu. Siin on jällegi vesi, mis mahla ehk vere näol toidu iga raku juure viib. Rakus tekkinud kõlbmatud ollused kannab vesi välja. Nõnda on vesi olluste vahetuse võimaldaja.

Kõrgemad loomad surevad janusse rutemini kui nälga. Kui taim ei saa vett (ei kasteta ehk ei tule vihma), siis närtsib ta. On siiski olemas palju organisme, kes suudavad veepuudust välja kannatada. Bakteerid, pärmseened sünnitavad kuivamisel eosed, mis kaetakse kindlama kestaga (tsüst). Samuti entsüsteeruvad juurjalalised, infusoorid, rotatoorid. Ämblikusarnane *Macrobiotus* (joon. 25) võib ära kuivada, kuid hiljemini vees uuesti tegevalt elama hakata. Samasugune lugu on samblikkudega, kes põua ajal ära kuivavad, kuid vihmaga uuesti kasvama hakkavad. Ärakuivanud olekus ei avalda taim ega loom mingisuguseid elu tundemärke (ei liigu, ei ole ärritatav, puudub olluste vahetus). Elu ei avaldu, kuid organism

ei ole surnud. See on varjuelu ehk varjusurm — anabioosi seisukord. Organismile tarvis vett muretseda ja ta hakkab tegevalt elama. Organism on sel korral otsekui ülestõmmatud seismajäänud kell. Tarvis tikatsit tõugata ja ta hakkab käima.

Mõned bakteerid võivad kuivanud olekus kaua aega elada, näit. siberi katku bakteer 15—20 aastat kuivas mullas, soetõve bakteer 70 päeva.



Joon. 25. Macrobiotus: *a* loomulikus, *b* kuivanud olekus.

Anabioosi seisukorda suudavad ainult vähesed organismid üle elada. Kaitseks kuivamise eest jäävad mõned loomad suveunne. See nähtus tuleb kuivamaa loomade elus ette, madalamate selgrooliste (roomajate, kahepaiksete), molluskide, putukate j. t. juures, niihästi palavas kui ka parajas kliimas. Mitmed vesiloomad langevad varjuelu tardumusse, kui vesi ära kuivab. Näit. on Aafrikas tuntud kala (*Protopterus*), kes veekogu kuivamise puhul mudasse poeb ja varjuellu jääb. Samasugused nähtused on krokodillide elust tuntud. Isegi soojavereliste loomade elus tuleb suveund ette. Näit. asub Madagaskari saarel siilitaoline loom (*Centetes ecaudatus*), kes aprillist novembrini suveund magab, niisama nagu meil siil talveund.

Ka lehtede varisemine on tingitud peaasjalikult kuivamisest, mitte otsekohesel teel külmast, nagu arvata võiks. Lehed varisevad ju ka Aafrika savannides seks ajaks, mil vältavad pikaaegsed perioodilised põuad. Sügise tulekuga jahtub maa. Kuid jahedas maapõues on juurte tegevus väga aeglane, mispärast nad ei suuda nõnda palju vett vastu võtta, kui lehtedelt ära aurab (sügisesed tuuled!). Seda võib otsekohe katselisel teel tõestada. Võetakse taim (näit. toas kasvav kurereha) ja asetatakse potiga külma vette, kuhu jääd ehk lund juure lisatakse. Taime lehed on soojas õhus, juured aga külmas. Väikese sisseimemise tõttu närtsib taim.

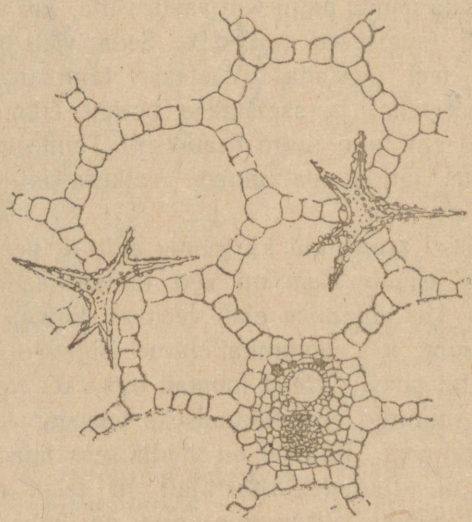
Niihästi taime kui ka looma ehituse peale avaldab mõju asjaolu, kas on vett küllalt saadaval või mitte, ehk kas organism elab vees või kuival maal.

Loomad, kes maapinnal elavad, liiguvad pea kõik jalgade abil edasi. Need loomad aga, kes vees asuvad, on sunnitud edasiliikumiseks teistsuguseid abinõusid tarvitama. Kaladel on sõudmiseks laiad uimed, vesiputukail, -lindudel, -imetajail on jalad mõlataolisekс kujunenud, missugune vorm on kohane keha edasitõukamiseks vees. Väikesed vähitaolised, kes alaliselt vees heljuvad, on varustatud rasvatilgakestega, mis kaitseb põhjavajumise eest. Edasiliikumiseks on ka neil jalakesed sagedasti mõlakujulised ehk on ujumiskarvakestega kaetud.

Taimed, kes niiskel maapinnal kasvavad, on suure lehepinnaga, mille peal rikkalikult õhulõhesid, mispärast nad palju vett ära auravad. Ühes veega satub nende kehasse p a l j u vees lahundunud olluseid; seepärast võib taim neis tingimustes edukalt kasvada.

Et niisugused taimed kiiresti vett ära auravad, seda võib kergesti tähele panna lehtede noppimisel. Niiskelt kohalt nopitud konnakapsa lehed närtsivad palju kiiremini kui kuivalt võetud vägiheina lehed.

Kuival pinnal kasvav taim saab vähe vett ära aurata, mispärast ta vees lahundunud olluseid ka

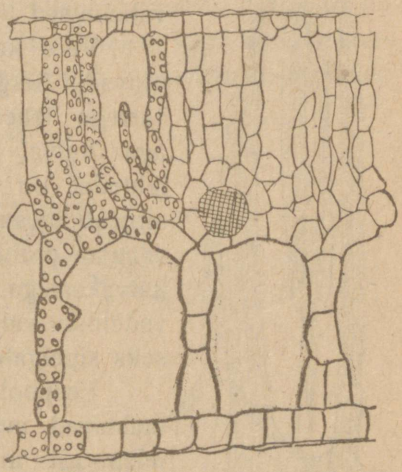


Joon. 26. Vesiroosi vars õhukambritega ja nõeltega.

vähem vastu võtab. See on üheks asjaoluks, mis tingib kuiva maa taimede kidura kasvu. Kuival pinnal „püüavad" taimed veega väga kokkuhoidlikud olla. Nende lehepind on väike (näit. kanarbik, liivatee), leht sagedasti kaetud vildiga ehk karvakestega (kassikäpp, vägihein) või on lehepinnal paks marrask (luuderohi, leesikas). Mõned taimed tõmbavad lehed rulli (harjashein, lamba aruhein). Kõik need iseäralisused

on selleks, et võimalikult vähe vett taime pinnalt ära auraks, et taim mitte ära ei kuivaks.

Paljud taimed koguvad vett tagavaraks (kaktus, kukehari). Nende lihavas kehas olevast tagavarast jatkub kuivaks ajaks. Kui visa on lihav taim kuivamise vastu, näitab järgmine katse. Tarvis võtta näituseks suur kukehari ja jätta kuivale lauale ehk riiulile. Seal seisab ta värske üle kuu aja, võib isegi õitsema minna, kui ta oli võetud enne õitseaega. Kõige varemini kuivavad alumised lehed.



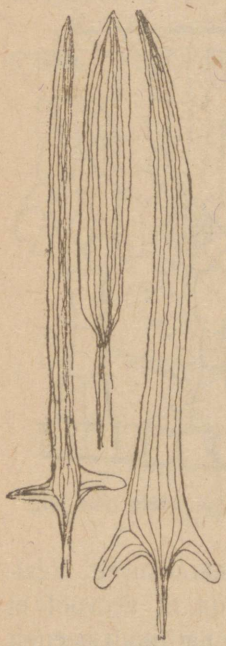
Joon. 27. Ujuva penikeele lehe lõik.

Vees kasvaval taimel on oma iseäralisused. Vesitaimede varred on painduvad, nõnda et veevool ei või neid murda. Veealused lehed on harilikult peenelt jaotatud, nõnda et tekib suur pind, mille abil taim veest kergemini hapnikku ja süsihaput gaasi kätte saab[1]). Veepinnal ujuvail lehtedel on õhukambrid, mis lehe kergeks teevad (joon. 26 ja 27).

Isegi ühe ja sellesama taime lehed on muutuvad selle järele, kas nad kasvavad vees või õhus. Kõõlus-

[1]) Vees on 100 ksm. kohta hapnikku 0,65 ksm., süsihaput gaasi 0,03 ksm. (üleüldiselt).

lehel on veealused lehed pikkade lintide kujulised, veest väljaulatavad lehed aga noolekujulised (joon. 28 ja 29). Veepinnal ujuvad lehed on vahepealse kujuga. Nõndasamuti sünnitab ujuv penikeel vahelmised lehekujud (joon. 30).



Joon. 28. Kõõluslehe veepinnal asuvad lehed.

Vees kasvav kirburohi laotab ujuvad, kergesti painduva nõrga varrega lehed vee pinnale, kuna aga kuival kasvava sama taime lehtedel on kõva vars, mis lehe sirgesti üleval hoiab. Lehed ise on vähema pinnaga ja kaetud näärmekarvakestega, mis liimivat, pihkast vedelikku välja eritavad (õitele kaitseks sipelgate eest).

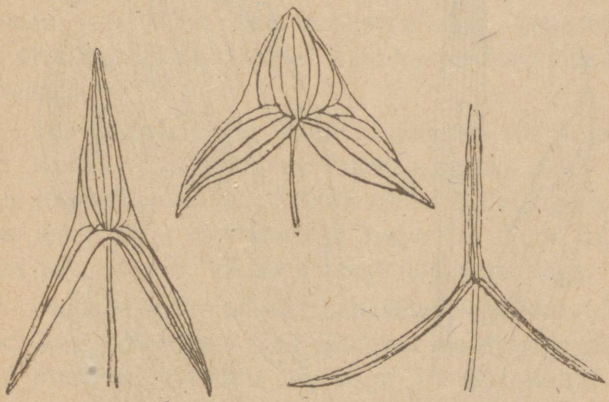
Eespool ettetoodud faktid võimaldavad meil kergesti aru saada, mispärast mõjub nõnda kangesti taimekasvu peale põud ja mispärast on taimed asetunud maapinnal veerohkuse järele.

Niiskel heinamaal ehk kaldal on kõrge ja tihe hein, kuival kingul ehk liivikul sellevastu õige madal ja hõre taimestik.

Kõrves, kus vihmasadu haruldane nähtus, kasvavad taimed, kellel pikad juured ja kes vett tagavaraks koguvad. Kuid neidki on seal vähe, hõredalt. Rohtlaanes, kus suvekuude põud ja soojus hävitab taimede kasvamise, on taimede kasvamise ajaks kevade, millal vihma sajab. Lühikese aja jooksul koguvad need taimed suurte lehtede abil enesele taga-

vara sibulaisse. Kevade tulekuga ammutab taim sibulast kiiresti olluseid ja valmistab lehed ning õied. Kiiresti sündinud leht hakkab varsti uusi tagavarasid valmistama, et mitte hiljaks jääda.

Iseäranis jõudsasti lokkab taimeriik seal, kus on olemas mitmed kohased tingimused, nagu kohane soojus, veerikkus, rikas maapind. Niisuguste kohtade

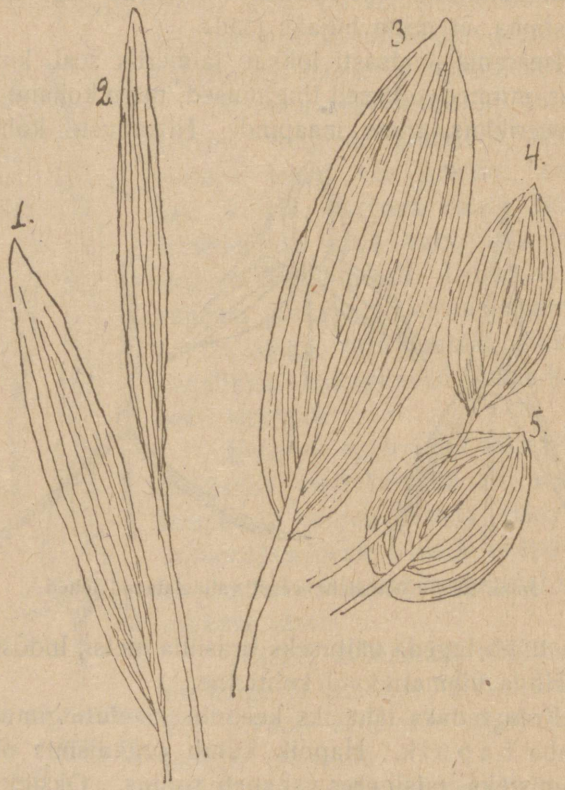


Joon. 29. Kõõluslehe veest väljaulatavad lehed.

hulka tuleb lugeda näituseks Brasiilia metsi, Indostani, Indo-Hiina vihmarikkaid kohti jne.

Kolmandaks tähtsaks keemiliseks elutingimuseks on vaba h a p n i k. Hapnik kulub organismis oksüdeerumisteks, misjuures vabaneb soojus. Oksüdeerumise pea-lõppsaaduseks on süsihapu gaas, mis välja heidetakse. Soojaverelised loomad võivad ilma hapnikuta ainult mõne minuti elada. Hapniku puudumisel ilmuvad ägedad hingamisliigutused — hingeldus, hiljemini krambid. Lõpuks jääb süda seisma ja loom sureb.

Konn aga võib ilma hapnikuta õhus vigastamata mitmed tunnid viibida. Kuid ka tema sureb hapniku



Joon. 30. Ujuva penikeele mitmekujulised lehed.

puudusel kiiresti, kui tema asetada kõrgemasse temperatuuri (30—35° C). Kalade suremine kinnikülmanud O-vaestes järvedes ja tiikides on kalameestele tuntud asjaolu.

Ka taimed tarvitavad teatavasti hapnikku.

Kuid on ka olevusi, kes ei tarvita hapnikku ehk kellele ta isegi mürgiks on. Viimaste hulka kuuluvad bakteerid anaeroobid. Ka solkmeussid suudavad elada ilma vaba hapnikuta. Neis organismides lagunevad ollused teisel viisil.

Vees, kus hapnikku võrdlemisi vähe, peavad loomad teda kätte püüdma lõpuste abil. Lõpused ei ole üksi kaladel ja vähkidel, vaid ka putukate tõukudel ja teistel.

Kui toataimi liig palju kastetakse, siis surevad nad lõpuks välja, sest vesi kihutab mullas oleva õhu ühes hapnikuga välja. Nõndasamuti kolletab ja kaob oras seal, kuhu vesi lombina koguneb. Põllu kündmine ja äestamine rikastab maapinda hapnikuga.

Mudane maapind sisaldab vähe hapnikku. Taimed, kes seal kasvavad, sünnitavad maast välja ulatavaid juuri, mille kaudu õhk kogu juuresse tungib.

Seni õppisime tundma palju juhuseid, millal üks elutingimus mõjub organisatsiooni ehk ehituse peale (valgus, toit jne.). Harilikult on aga organisatsiooni peale mõju avaldamas mitu tingimust, missugusel korral muutused veel suuremad võivad olla.

Kõrgel mägestikus on läbipaistva õhu tõttu valgus intensiivsem, õhk kuiv ja enamasti liikuv, mis väga kiirustab auramist, temperatuur aga on madalam, mis raskustab juurte abil vee võtmist. Nende tingimuste tagajärjel omandavad mägestikutaimed ehk alpifloora sagedasti k s e r o f ü ü t i d e tundemärgid. Nende lehed on väikesed, juurtekava rikkalikumaks vee saamiseks suur, paks marrask ja sagedasti kaitseb

karvadest kate liigauramise eest, taimed ise on väikese kasvuga.

Kui kangesti mõjub mägestiku elutingimuste kogu taime peale, seda näitavad kõige selgemini katsed. Päevalillede perekonnast taim maapirn (*Helianthus tuberosus* L.) kasvab madalikus kõrgeks päevalille sarnaseks taimeks, kelle küljes lehed tõusevringiliselt asuvad (joon. 31). Maapirn, keda kasvatati 2300 meetri kõrguses, oli hoopis teistsuguse kujuga. Ta vars oli pea täiesti kadunud ja lehed maapinna ligi kodarikus. Tagajärg oli samasugune, kui võeti ka ühe ja sellesama maapirni



Joon. 31. Maapirn (*Helianthus tuberosus*): *P.* Tasandikul kasvanud eksemplaar. *M* (keskel). Mägedel kasvanud eksemplaar. *N.* Seesama, suurendatud.

taime seemned ja osa neist pandi kasvama madalikku, teine osa mägestikku või kiltmaale.

Nõnda siis võib tingimuste kogu muuta organismi kuju selle järele, missugune on see kogu.

c. Bioloogilised tingimused.

Bioloogiliste tingimuste hulka loetakse organismide vahekorrast tekkinud olukorrad. Kõige enam

tähelepanemise väärt bioloogiline tingimus ilmub taimede ja loomade vahekorras. Me teame, et loom tarvitab toiduks olluseid, mis taim valmistanud, et loom ei suudaks ilma taimedeta elada, kuid teisest küljest on ka loom kasulik taimele, ehk õigemini,



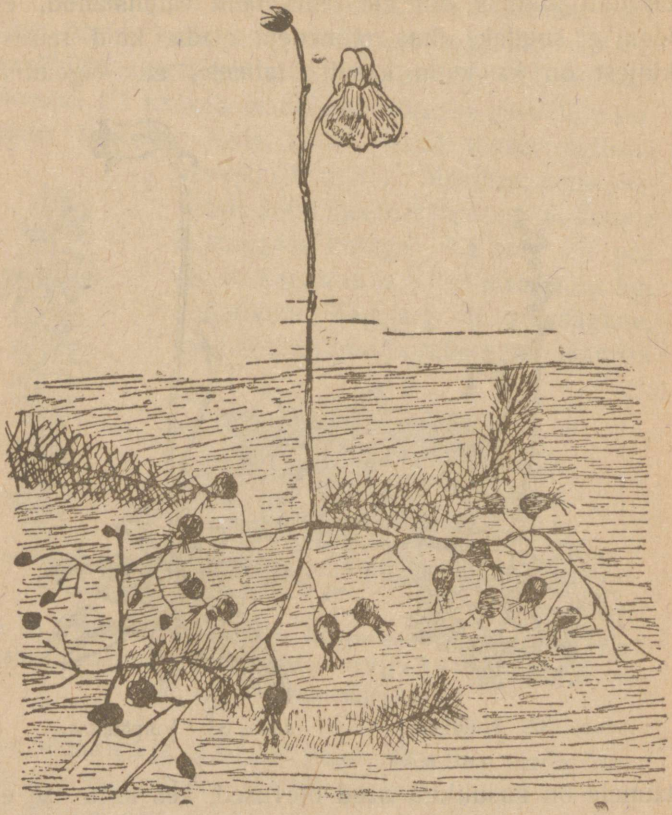
Joon. 32. Huulhein.



Joon. 33. Võipätakas.

taimele on kasulikud need olevused, kes mitte ise ei valmista orgaanilisi olluseid, vaid lahutavad neid, mis roheline taim valmistanud. Niisuguste organismide hulka kuuluvad loomad, seened, bakteerid ja teised ilma leheroheliseta taimed. Nimetatud olevused lahutavad orgaanilised ollused lihtsaiks, niisugusteks, mis diffundeeruvad läbi kilede ja mida roheline taim võib

ära kasustada. Need ollused on süsihapu gaas, ammoniak, lämmastik, väävel ja vosvorhapud soolad. Taim



Joon. 34. Vesihernes.

killustab süsihapu gaasi ja valmistab energia-tagavaraga varustatud ollused, loom aga lahutab need ollused ja sünnitab süsihapu gaasi, mida taimele tarvis. Samuti on lugu lämmastiku ühendustega.

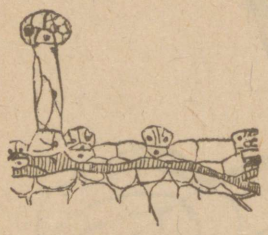
Ka neid lahutab loom, teeb diffundeeruvaiks ollusteks, mida rohelisele taimele tarvis. Loomade kõrval on ütlemata suur tähtsus olluste lihtsastamise kohta bakteeridel ja seentel. Iseäranis bakteerid teevad ses mõttes suure töö ära. Selle järele peame ütlema, et rohelised taimed on tarvilikud loomade ja mitte-roheliste taimede elamiseks, kuid viimased on tarvilikud roheliste taimede elamiseks. Kumbki neist elusa looduse osadest sünnitab ühe tarvilise ringipoole, ringipoole olluste vahetuse mõttes: üks ehitab üles, teine lahutab. Uue ehitamiseks peab enne vana eest ära lõhutama.



Joon. 35. Kannpõõsas.

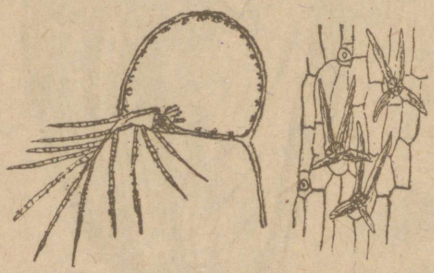
Kuid taimeriigi ja loomariigi vahekordades tuleb ka vastupidiseid nähtusi ette. On olemas umbes 400 liiki taimi, kes tarvitavad loomi otsekoheselt enesele toiduks. Need on n. n. lihasööjad taimed. Meie taimestikus on neist järgmised leida: huulheinad

(*Drosera*, joon. 32), võipätakas (*Pinguicula*, joon. 33) ja vesiherned (*Utricularia*, joon. 34). Troopika metsades on harilikud kannpõõsalised (*Nepenthaceae*, joon. 35),



36. Võipätaka leheosa ühe varrega, kahe varretu näärmega.

kelle kannudesse putukad satuvad, kus nad ära lahundatakse ja sisse imetakse. Huulhein püüab saaki lehel asuvate ripsmete abil, mis putuka peale painduvad. Ripsme otsa küljes on liimiv, pihkane vedeliku tilk, mis aitab putukat kinni pidada. Saak seeditakse lehest nõrgunud mahla abil ja seedimise saadused immitsevad lehesse. Võipätakal on lehe pinnal kahesugused näärmed, millest ühed — varrelised liimivat vedelikku nõristavad putukate kinnihoidmiseks, teised — madalad (joon. 36) valmistavad seedivat mahla. Vesiherned püüavad vesiloomakesi põiekestesse (joon. 37), kus nad pärast surma mädanema hakkavad. Tekkinud ollused imetakse iseäraliste rakkude abil sisse.



Joon. 37. *a* — Vesiherne põieke. *b* — Põiekese sein sisseimevate rakkudega.

Peale selle on loomad kasulikud veel taimede sigimisel. Putukad kannavad taimede õietolmu ühelt õielt teisele, edendades r i s t t o l m u m i s t. Viimane

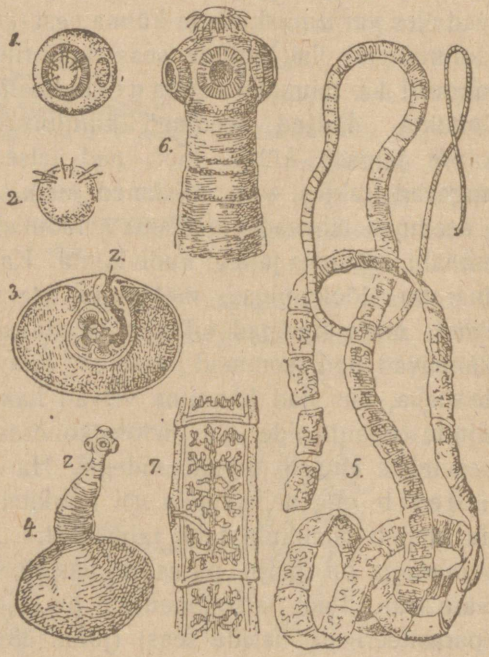
asjaolu on kasulik elujõulise järeltuleva soo tekkimise suhtes. Putuktolmumine on taimele kasulikum kui tuultolmumine, sest viimasel korral peaks taim palju õietolmu valmistama (mispärast?). Putukad toimetavad tolmu ülekandmist mee ehk õietolmu otsimisel või leiavad õies varju niiskuse ja külma eest (kellukas). Samuti tolmutavad õisi lindude seast kolibriid. Loomad kannavad ka taimede seemneid laiali, leidma vaba elukohta. Paljud seemned kinnituvad naha, karvade või jalgade külge, kust nad teises kohas maha langevad (takjas, virn, ruskmed jne.). Söödud marjade seemned lähevad vigastamata loomade seedimiskavast läbi, sattudes jällegi uude kohta. Kannikese, verehurmarohu, lõokannuse, metspipra seemneil on lihav lisand, mida sipelgad toiduks tarvitavad. Seejuures kannavad nad seemneid pessa ehk jätavad neid tee peale maha, kus nad kasvama võivad hakata.

Paljude organismide elu on otsekoheses ligidas ühenduses teiste elusate organismidega. Harilik võrm parasiteerib nõgese, humala või ristikheina peal. Tema elu oleneb täielikult neist taimedest.

Loomariigis on palju parasiite usside, vähkide ja putukate seas. Pael- ja solkmeussid on kõige enam tuntud parasiteerivate usside seast (joon. 38). Parasiitvähid on suuremalt osalt väikesed loomakesed, kes elavad kalade küljes (lõpustel, naha peal). Parasiteerivaist putukaist on suur tähtsus käovaablastel (*Ichneumonidae*). Nende tõugud elavad teiste suuremate putukate tõukudes, iseäranis liblikate röövikuis. Nad takistavad oma isandate sigimist.

Parasitism avaldab mõju kehaehituse peale. Parasiitussidel puuduvad silmad, nende liikumisvõime on

väike. Nad on üleüldse lihtsama kehaehitusega. Kõige enam on neil arenenud suguorgaanid, sest nende laialelagunemine oleneb paljuist juhtumustest. Samasugused iseäralisused on parasiitvähkidelgi.



Joon. 38. Harilik paeluss: 1 — muna; 2 — loode; 3 — kerauss; 4 — sama, kuid väljapöördud peaga; 5 — täiskasvanud harilik paeluss; 7 — üks jatkudest. Kõik on suurendatult, peale 5.

Ligemal vaatlemisel selgub, et kogu taimeriigi ja loomariigi elu on teineteisega ja isekeskis nõnda ligidalt s e o t u d, et on võimata ühte muuta, ilma et teine muutuks. On võimatu metsa ära raiuda, ilma

et seejuures muutuksid metsa all kasvavad taimed. On võimatu ette kujutada, et taimeriik ei muutuks, kui häviks korraga loomariik.

Veel enam, olevused ise oma eluga muudavad elutingimusi. Võtame heina ja paneme ta veega täidetud anumasse. Heinakõrred tursuvad, paljud rakud lõhkevad. Vette satub neist tärklist ja munavalget. Läbi surnud rakuseinade diffundeeruvad suhkur, soolad ja mõned lämmastiku ühendused. Kõik see on heaks toiduks bakteeridele, ja tõepoolest sigib ses infusioonis palju bakteere. Mõne päeva pärast on neid seal lõpmata arvul. Infusioonis toimub mädanemine; ta haiseb. Infusiooni temperatur tõuseb bakteeride elutegevuse tagajärjel mõne kümnendiku kraadi võrra ümbritsevast õhust kõrgemale. Hapniku puudusel tõusevad paljud bakteerid üles pinnale ja sünnitavad seal kihi — naha. Bakteeride rohkus on kohaseks tingimuseks infusooride sigimisele ja varsti ilmub neid infusiooni õige suurel arvul. Infusoorid elatavad endid bakteeridest. Viimaks lõpeb toidu-tagavara ja infusoorid saavad otsa ehk entsüsteeruvad. Infusooride sigimist takistavad veel ollused, mida nad välja heitnud. Hiljemini ilmuvad infusiooni rohelised vetikad (*Protococcus* ja teised), kes hakkavad tegema ülesehitavat tööd, hakkavad olluseid valmistama. Kaob mädanemine ja ühes sellega haismine. Vette ilmuvad veel rotatoorid, väikesed ussid ja juurjalalised. Elutingimused muutusid. Nad muutusid organismide eneste tegevuse tagajärjel. Uutes elutingimustes hakkasid valitsema uued organismid.

Järve ehk tiigi põhjas kasvavad taimed. Nende lehtedest ja vartest tekib muda. Veekogu jääb mada-

lamaks. Madalamal hakkavad aga teised taimed kasvama. Lõpuks võib järv hoopis kinni kasvada ja asemele ilmuvad täiesti teised taimed. Taimed muudavad aluspinda, kus nad kasvavad. Nad muudavad füüsilisi ja keemilisi elutingimusi.

Tähtsaks bioloogiliseks elutingimuseks on ühiskondlik elu ehk kaasabi. Sipelgad elavad pesakondade viisi. Ühise töötamise tõttu suudavad nad ehitada enestele pesad, maa või puude sisse käigud. Termiidid valmistavad ühiselt mitme meetri kõrgused ehitused. Ühiskonnas on töö ära jaotatud. Ühed termiidid on varustatud kaitsmiseks tugevate lõualuudega; teised, ilma sõjariistadeta, on töölisteks: nad ehitavad, toovad toitu jne.; ema ülesanne on ainult munemine. Mesilased, herilased, kumalased elavad perekondade viisi üheskoos. Linnud elavad sagedasti perekondade kaupa, lendavad parvedes Paljud rohusööjad imetajad elutsevad karjade viisi. Nõndasamuti hulgakesi koos on ka ahvid. Karjas on juht, kes karja talitusi korraldab. Tema juhtimisel võetakse ette käikusid, tema märguandmisel põgenetakse. Karjas on vaht, kes valvab selle üle, et vaenlased ei pääseks märkamata kallale, kui kari söömas või puhkamas. See on üleüldsusele kasuks.

Koos elades loovad loomad endile paremad elutingimused, mispärast neid võib ka enam sigida. Ühiskondlik elu on võimaldanud neile tõusta tähtsamale kohale loomariigis arvu kui ka võimiste poolest. Üksinda elades ei suudaks termiit enesele nii head elumaja ehitada, end nõndaviisi kaitsta, toita jne., kui ühiskonnas. (Seletage ligemalt!)

Iseäranis suurt mõju avaldab inimene taime-

ja loomariigi peale. Kultuurtaimede tekkimine ja suurearvuline kasvamine tuleb sellest, et inimene loob neile kohased elutingimused. Inimene kohendab maad, hävitab kahjulikke taimi ja loomi, kaitstes neid, kes talle kasu toovad. Koduloomade elu on võimalik inimese tegevuse tagajärjel. Inimene isegi muudab taimi ja loomi, edendades niisuguste kasvamist ja sigimist, kes talle kasu toovad.

Inimene loob ise enesele hoopis isesugused tingimused, kui looduses antud. Ta ehitab külma eest kaitseks majasid, valmistab riideid, kasvatab taimi ja loomi toiduks; ta paneb looduse jõud enese kasuks tööle, valmistab oma tahtmise järele soojust ja valgust jne. Need asjaolud lubavad inimestel nõnda arvurikkalt maakera pinnal asuda.

Peale kõigi nende tingimuste tuleb tähele panna veel negatiivseid tingimusi. Nende all mõistame teatavate olluste puudumist. Et elu oleks võimalik, selleks ei pea olevusse mürgised ollused sattuma. Mürgid peavad puuduma toidus ja õhus, mida organism tarvitab. Organism võib teataval määral küll harjuda mürkidega, kuid mitte kõikidega korraga ja mitte igasugusel määral. Harjunud pruukija võib oopiumi nii palju korraga ära tarvitada, et see surmaks mituümmend harjumatut. Harilikkudest mürkidest tuletame meele väävlisvesinikku (H_2S), karmu ehk vingu gaasi (CO), sublimaati ($HgCl_2$), tsüaankaaliumi (KCN).

d. Sisemised elutingimused ja surm.

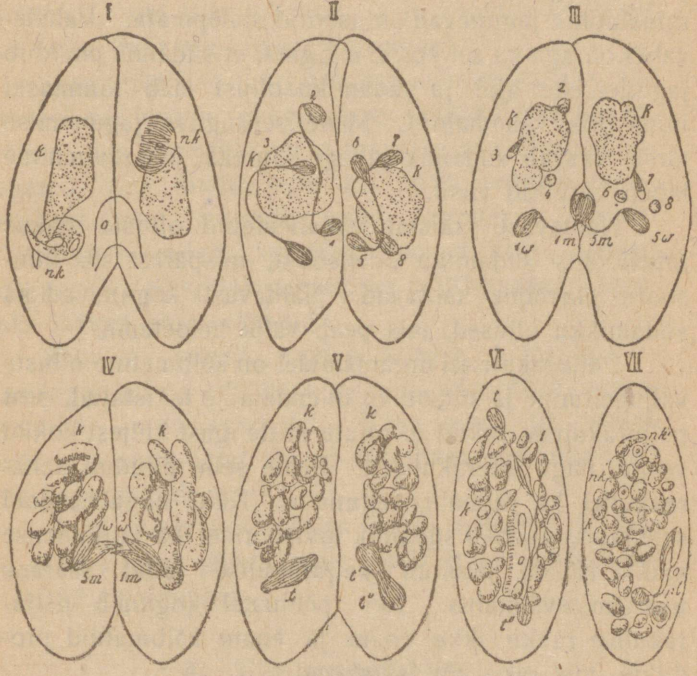
Kui ka on täidetud kõik elutingimused ja on olemas elus organism, siiski ei kesta ta iga lõpma-

tuseni. Olgu elutingimused kas või kõige kohasemad, kuid ikka sureb suurem hulk organismidest. Surma niisugusel kujul, kui ta ilmub kõrgemate olevuste juures, ei tule ette üherakuliste elus. Bakteerid, amööbid, infusoorid sigivad jagunemise teel. Kui toitu küllalt ja teised tingimused kohased, siis võib üks indiviid lõpmata korrad jaguneda, ilma et ühtki surnukeha ilmuks.

Surm tekib seal, kus rakud hulgana koos elavad ja kus nad on mitmes sihis eristunud ehk differentseerunud.

Et surma põhjustest ligemat aimu saada, selleks tarvis veel peatada infusooride elu juures. Alguses sigivad kingloomad ehk *Paramaecium*'id infusioonis kiiresti. Vanemas infusioonis on kingloomade sigimine aeglane, nad ise on vähemad, kiduramad, söövad vähe ehk mitte sugugi (depressioon). Viimaks surevad nad. Harilikult surevad kingloomad infusioonis kuni paarisaja jagunemise järele. Kuid needsamad infusoorid, kes juba kadumisel olid, võisid veel edasi elada, kui nad konjugeerusid teise kultuuri indiviididega. Konjugatsiooni ajal kaob suur südamik, väike südamik jaguneb kolm korda (joon. 39). Viimasest jagunemisest tekkinud üks südamikuosa läheb teise kingloomasse, teine osa liitub ühte teisest kingloomast tulnud südamikuosaga. Väikese südamiku ühteliitunud osadest tekib uus suur ja väike südamik. Siin võiks rääkida osalisest surmast: suur südamik ja osa väikesest südamikust lagunesid ja heideti välja. Pärast südamiku uuenemist kasvasid kingloomakesed korralikult, suurus oli harilik jne. Depressiooni ei ilmunud ka siis, kui infusoorid paigutati iga jagunemise järele värskesse infusiooni.

Selle ja paljude teiste katsete põhjal peab arvama, et depressiooni ilmumise põhjuseks on kingloomakestest



Joon. 39. *Paramaecium*'i (kingloomakese) konjugatsioon. I. Suudpidi kokkuheitnud loomakesed. II. Mikronukleus (*nk*) jagunenud. III. Mikronukleuste vahetamisel (*m* — isa-, *w* — emamikronukleus. IV. Makronukleus (*k*) lagunemisel, ületulnud (isa-) ja sama loomakese (ema-) mikronukleused kokku liitumas. V. Parempoolses loomakeses mikronukleus jagunemas. VI. ja VII. Konjugatsioon lõppenud; loomakesed lahku läinud.

enestest väljaheidetud ollused. Organismist väljaheidetud produktid on ikka enam ehk vähem mürgised,

iseäranis kui neid suuremal määral sünnib. Kui aga alaliselt vahetada infusiooni, siis ei saa seal tekkida palju mürgiseid olluste vahetuse produkte. Värskes infusioonis jagunevad infusoorid alalõpmata. Vahetevahel on aga ka sel korral märgata, et südamik pooldub jagunemiste ajal ja südamiku ollust jääb kummaski infusooris vähemale [1]). Mõne seesuguse jagunemise järele kasvab südamik jällegi suureks ja jagunemine läheb harilikul viisil.

Nähtavasti takistab väljaheidetud olluste rohkus infusioonis südamiku uuenemist, mispärast siis infusoorid eluvõime kaotavad. Nähtavasti kogunevad ka südamikku ollused, mis peab välja heidetama.

Paljurakulistel organismidel on kõlbmatute olluste väljaheitmine ja südamiku uuendamine takistatud, sest paljurakuliste rakud ei puutu mitte igast küljest kokku veega, nagu üherakulised. Peale selle puudub keharakkudel ka võimalus jaguneda. Kuid nagu eespool seletatud, uueneb südamik infusooridel ka jagunemise ajal. Nõnda puudub paljurakulise rakul säärane uuenemisevõimalus. Neil põhjustel koguneb paljurakulise rakku ikka enam ja enam kõlbmatuid produkte, mis raku elu takistavad.

Sugurakkusid sünnitajad rakud jagunevad kehas ikka edasi ja ainult nemad on surematud, niisamasuguses mõttes kui kingloomake Õigemini, nad võivad olla surematud, kui neile kohased elutingimused luuakse. Rakkude eristumisega sugurakkudesse ja keharakkudesse said keharakud surelikuks.

---

1) Mõnikord uueneb südamik samasugusel viisil kui konjugatsiooni ajal, s. o. laguneb tükkideks ja kaob ära.

Mõnede arvamiste järele on surm tekkinud sellepärast, et ta on otstarbekohane ehk tarvilik nähtus. Kui loom elaks igavesti, siis korjuksid ühtekokku kõik vigastused, mis teda tabanud, ja ta kaotaks aeg-ajalt ikka enam oma eluvõimu (Weismann).

Surma põhjuse mürgitamises seimise kasuks räägib veel see asjaolu, et vanaduses ilmuvad rakkudesse, iseäranis aga ergurakkudesse, rasvasarnase olluse kübemekesed, mis muud pole kui aina surnud ollus. Raku koosseis muutub, tema elutegevus nõrkeb. Nõrkenud tegevuse tagajärjel keovad koed, jäävad kiduraks. Vanake jääb kergemaks ja lühemaks; kergemaks jäävad kõik orgaanid.

Keha on surelik, kuid selle eest on tal sugulise sigimise võime ning ta on kõrgesti differentseerunud — eristunud Keha surm on osaline surm, sest sugurakud võivad sünnitada uue keha ühes uute sugurakkudega.

Keha sureb, kuid temas olnud mateeria ja energia ei kao mitte jäljeta, vaid püsib edasi teises kujus ja teistel tingimustel.

4. Elu arenemine.

a. Elu geoloogilistes ajajärkudes.

Maakera on alaliselt muutunud ja muutub ikka edasi. Ühes seega muutuvad elutingimused. Sellepärast peame juba ette arvama, et ka elu on maakeral muutunud. Peatame siis maakera ja temal asuva elu muutuste juures.

Hõõgkuuma maakera pinnale ilmus aegamööda koor, mis oli alguses õhuke. Vedel sisemus tõmbus

jahtudes rohkem kokku kui koor. Sellepärast tekkisid maakera pinnale voldid — mäed.

On kohti, kus kooresse praod on tekkinud ja osa maapinnast sügavamale vajunud:  , ehk tõusnud:  . Viimasel korral surusid kõrvalolevad osad alla vajudes maakera sula südame peale, mille tagajärjel keskmine osa veel kõrgemale tõsteti, kui ta alguses oli. Ka nõnda on paljud mäed Euroopas, Aasias ja Ameerikas sündinud, näit. Krimmi mäed.

Mägesid, mis maakera koore voltiminemisest ja pragunemisest on sündinud, võib sellest ära tunda, et nende ehitus ja kokkuseade samasugune on, nagu nende all ja ümber oleval maakohal. Niisugused mäed on pikkamööda, aastasadade ja -tuhandete jooksul sündinud ja sünnivad praegugi veel. Alaliselt tõuseb näit. Valge mere kallas, Balti mere ja idapoolne Kaspia mere kallas ja palju muid kohti maakeral, kuna teised kohad sügavamale vajuvad, näit. Saksamaa põhjarand, Apscheroni poolsaar, Gröönimaa lõunapoolne ots j. n. e. Nii on näit. Suhhumi linna lähedal mere põhjas vanaaegse linna varemed. Niisama on Gröönimaast kaunis kaugel mere põhjas majade varemed, kuna näit. Rootsimaal mõned kohad vanal ajal mererannal asusid, nüüd aga mitmed verstad eemal.

Mäed võivad ka lühikese aja jooksul tekkida, nimelt tulepurskavad mäed. Nende ehitus ja kokkuseade on hoopis teine kui nende ümbrusel. Nende

all ja ümber võivad näit. liiva- ehk lubjakivi lademed olla, aga mäed ise on basaldi, hangunud laava ja tuha kuhjad, mis iga järgmise tulepurskamise korral suuremaks kasvasid.

Mõnikord juhtub ka nii, et sula laava maakera koorest läbi ei jõua murda, vaid ta ainult kumerasse üles painutab ja ise selle all kõvaks hangub.

Kõvade lademete pinnal ei sigi ega edene elu. Elus organism võis ilmuda siis, kui osa kivist koort purustati.

Üheks purustajaks oli niiske õhk, mille hapnik metallidega ühinedes mineraalid hapraks tegi. Ühines õhu sees olev süsihapu gaas veega, siis lahundas seesugune hapukas vesi mõnesugused kivijaod, mille tagajärjel kaljud pudenesid.

Teised purustajad olid soojus ja külm. Soojuse mõjul paisuvad kaljukivid suuremaks, külm tõmbab nad uuesti kokku. Et aga kaljud mitmesuguseist mineraalidest koos seisavad, mis mitte ühel määral soojaks ei lähe ega ühesuguse kiirusega ei jahtu, siis tekivad kaljusse praod, mis päevast päeva suuremaks lähevad ja viimaks kalju purustavad. Tuleb siia veel vesi appi, siis läheb murenemine veel rutemini: külmetab vesi kaljupraos jääks, siis lõhkeb kalju ja läheb aegade jooksul ikka peenemaiks tükkideks.

Nõnda on graniidi ja gneisi päevakivist saanud savi-, ränikivist — liivakübemed. Murenemisproduktid kantakse mujale. Tuul tõstab kergemad tükid õhku ja kannab edasi. Kui tuul mägestikus, kus murenemine hoogus, enesega palju tolmu kaasa võtab, siis langeb see eemal maha ja võib sünnitada kihid (Turkestanis kollane savi).

Tähtsamaks teguriks murenemisproduktide edasiviimisel on vesi. Mägedelt ja kinkudelt kannab ta palju savi, muda ja isegi liiva allapoole järvedesse ja merde. Kui jõevesi järves ehk meres aeglasemaks jääb, siis langeb kaasavõetud muda, savi ja liiv põhja, kus nad kihid — l a d e m e d sünnitavad. Meres elab palju vees heljuvaid organisme (planktoni), kes sünnitavad endile vees lahundunud lubjakivist ($CaCO_3$) skeleti, mis pärast nende surma põhja langevad ja seal lubjakivi kihid sünnitavad. Paljud vetikad on varustatud ränist kestadega, mis nõndasamuti põhja langevad ja kihte sünnitavad.

Aastamiljonite kestusel on nõndaviisi tekkinud 20—30 kilomeetri paksune k i h i k a t e esialgse sulavedelast olekust jahtumisel tekkinud koore ehk p l u t o o n i l i s e katte peale.

Harva leidub, et need lademed on lapiti, längjoones üksteise peal. Enamasti on nad liuhka, mõnes kohas otse püsti, kõveraks painutatud  või ka voltide viisi kokku surutud .

Maapind ei olnud esiotsa veel kuigi kindel, vaid tõusis ühest kohast ja vajus teisest kohast. Kus varemini kuiv maa oli, sinna tekkis meri, ja lained kandsid savi, liiva j. n. e. nende koha peale. Kui aga merepõhi tõusis, sai temast jälle mannermaa ja isegi kõrged mäed, nagu seda praegu veel mereloomade karbid näitavad, mida mägedest leitakse.

Kihtidesse jäid ka organismide jäänused. Pehmed

organismide osad mädanesid ruttu ära, kuna aga kõvemad jäid alale ja kivistusid ära. Need jäänused täidavad sagedasti õige rohkel arvul lademeid.

Selle järele, kuidas orgaaniline elu maakeral muutus, jagatakse maakera koore vanadus n e l j a peaosasse: esiaeg, vana aeg, keskaeg ja uus aeg, mis omakorda kõik kokku 13-sse ajajärku jagunevad.

Esiaeg.

See on aeg maakera koore sündimisest kuni esimeste orgaaniliste olevuste sündimiseni. Ta kestis sajad miljonid aastad, sest tema kestusel pidi kõrge temperatuur (umbes 2000°), kus mineraalid sulavas olekus olid, 38°-ni langema.

Esiaeg langeb mitmesse ajajärku:

Kõiksuguste sademeliste mineraalide (vee põhja vajunud kihtmineraalide) all on kõik meie planeet kaetud paksu gneisikorraga, mis otsekohe sulavedelast kogust on sündinud ja mille peal kohati kristalliliste kildkivide võrdlemisi õhukesed kihid lamavad. Kohati ulatavad sulast olekust sündinud kiviliigid (graniit, gneis) ka maapinnale.

Euroopas võtavad niisugused kohad oma alla peaaegu kõik Skandinaavia ja Soomemaa, Põhja-Ameerikas lähevad nad kahe laia vööna mõlemal pool Kaljumägesid.

Peaaegu kõik kõrged mäed seisavad koos gneisidest ehk nende sulamisproduktidest. Ei ole ühtki kohta maakeral teada, kus gneisi liiki mineraalid puuduksid: nad on kord maapinnal näha, kord sügaval, kohati püsti, teises kohas voltide viisil, aga peaaegu mitte iialgi ei seisa nad kaaluspinnana läng-

joones. See esialgne plutooniline kate on nagu vundamendiks, mille peale järgnevad lademed asusid.

Graniitides ja gneisides ei ole mingisuguseid organismide kivistusi.

Lademed hilisemast esiajast on juba kindlasti sademelised. Neis lademeis on juba kahtlemata organismide kivistunud jätiseid: radiolaare, käsnu, usse ja teisi lihtsaid organisme; üleüldse on neid vähe.

Aga ühtki selle ajajärgu taime ei ole leitud.

Vana (paleozoiline) **aeg.**

Esiajast teame väga vähe. Hoopis teise pildi saame vana aja lademeist. Nendes on rikkalikud taime- ja loomariigi jätised mitmesuguseist vana aja järkudest. Arvatakse, et see aeg 200 miljonit aastat kestis. Selle määratuma aja jooksul kattus maismaa vist mitu korda veega ja merepõhi muutus kuivaks maaks, sest ühes ja samas kohas leitakse tihti vee lademeid, kaldaäärseid lademeid ja isegi sooladem eid kembriumi ja siluuri ajajärkudest.

Vana aeg jagatakse viieks ajajärguks. Need on: kembrium, siluur, devoon, kivisöe-ajajärk, permi ajajärk.

a) Kembriumi-ajajärk.

Meie maal paljastuvad kembriumi kihid Soome lahe kaldal. Kõige sügavamal, kui kõige vanem kiht, asub sinisavi, selle peal liivakivid ja tahvlikivi.

Kembriumi lademeis on leida mõnisada loomaliiki (kui palju nüüd?). Tahvlikivis on leida õõsloomade hulka kuuluvaid graptoliite, kes hulgana ühendusesolevais majakestes asusid. Sel ajajärgul on

elanud veel juurjalalised, käsnad, iseäralised okasnahalised (tsüstiidid), limulised, käsijalalised, iseäralised vähitaolised jne. Käsijalalised on usside ligisugulased käsiharudega organismid, kellel on kaks karbipoolt, nagu molluskidel (limulistel). Vähitaolistest on leida trilobiidid. Nende keha seisab koos lülidest, mille külge allpool kinnituvad jalad. (Jalad on näha ainult iseäranis hästi alalhoidunud eksemplaaridel.)

Kembriumiaja loomade seast leiame ainult mitmete selgrootute klasside esitajaid. Ei ole leitud koralle ega putukaid. Üleüldse peab ütlema, et suurem hulk kembriumiaegse loomariigi esitajaid seisab kõige madalamal astmel oma klassi hilisemate naabrite seas. Näit. kuuluvad selle aja käsnad algelajate protospongiate hulka.

b) Siluuri-ajajärk.

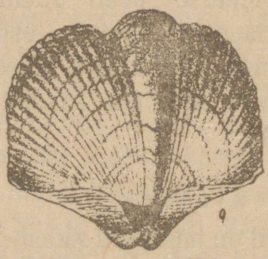
Siluuri-ajajärgu lademed on harilikud sademelised, mis vesi sinna paigutanud, kust neid nüüd leitakse: liivad, liivakivid, savid, kildsavikivid, mergel, lubjakivid, kohati marmoriks muutunud. Aga need lademed ei kata maad üleni, nagu gneis ja kildkivi, vaid puuduvad kohati täiesti.

Siluuri lademed on meie kodumaalt leida. Nad ulatavad Venemaalt, Peterburi kubermangust, põhjapoolsest Eestist läbi kuni Hiiu- ja Saaremaani, sealt Gotlandi ja Öölandi saare kaudu Rootsimaani. Kodumaa siluuri lademed seisavad koos peaasjalikult lubjakivist, milles kaunis palju kivistusi, ja liivast.

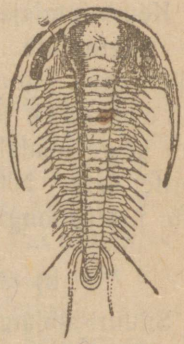
Kodumaa piirides asuvad need lademed maapinna ligidal Põhja-Eestis (Soome lahe rannast Kursi,

Põltsamaa, Pilistvere ja Vändrani), kuid ka Lõuna-Eestis on siluuri lademed olemas, aga teiste pealmiste lademete all. Eestimaa on selle järele siis kembriumi- ja siluuri-ajajärkudel veega kaetud olnud: ainult vees võivad tekkida niisugused lademed, mis nüüd siinses maapõues peituvad.

Siluuriaja loomariik on arvamata rikkam ja mitmekesisem kui kembriumiaegne. Ilmub suur hulk täiesti uusi tüüpe, kes puudusid kembriumiaegses looma-



Joon. 40. Käsijalaline.



Joon. 41. Trilobiit.

riigis. Seejuures ei ilmu need tüübid korraga, vaid terve siluuri-ajajärgu jooksul, mõned alguses, mõned keskel, mõned lõpul.

Tüübilisteks siluuriaja loomadeks on käsnade, käsijalaliste (*Brachiopoda*, joon. 40) ja peajalaliste sugukonnad. Iseäranis suurepäraselt edenesid trilobiidid (joon. 41). Need iseäralised vähi tõugu loomad täitsid mere lugemata hulgal. Selle ajajärgu lõpul ilmusid iseäralised kalad. Suure tähtsuse omandasid sel ajal ka korallid. Koralle on leida ka kodumaa lademeis, mispärast sel ajal pidi kliima siin soem

olema. Aga veel suurem tähtsus oli graptoliitidel (joon. 42), kes, nagu teame, kembriumi-ajajärgul ilmusid, aga nüüd oma sigivuse tipule jõudsid. Nad on kõige tüübilisemad siluuriaja loomad, sest et nad pärast hoopis ära kadusid.

Okasnahalisist (*Echinodermata*) olid esindatud tsüstiidid, meretähed ja mereliiliad. Viimaseist kõige madalamad liigid, mis vist kõigi okasnahaliste algvormiks on, sest mõned nendest on ülemineku-vormiks meresiilideni, teised meretähtedeni, kolmandad päris mereliiliate liigini, mis ka ülemistes siluuri kihtides juba esinevad. Peajalalisist on lubjakivides palju ortotseratiite. Neil on pikk õigevaheseinaline lubjast karp, mille esimeses otsas elas käsiharudega varustatud peajalaline limuline.



Joon. 42. Graptoliit.

Siluuriaja valitsevaks tüübiks olid trilobiidid. Esiotsa ei saanud nad kokku tõmbuda, nagu hilisemad eksemplaarid, kel ka jalad selgesti näha: mitu paari lülijalgu, igaüks lõpustega. Nende jalgade ülemised paarid täitsid lõualuude ülesannet, aga neljas paar oli ujumise jaoks. Üleval peas olid kokkupandud ehk liitsilmad, mis sadadest ja tuhandetest väikestest silmakestest koos seisid. Aga mõnedel trilobiitidel ei ole silmi, ainult silmakoopad on alles jäänud. See näitab, et pimedate liikide esivanemad olid nägijad ja kaotasid pärastpoole nägemise. Seda nähtust seletab osavasti Darwin: On märgatud, et nägemisorgaanid kas suurenevad ja arenevad väikese valguse sees, et võimalikult palju nõrku valgusekiiri kinni püüda, mille tõenduseks võiksid olla ööloomade suured

silmad, või kaovad täiesti (atrofeeruvad, kurtuvad), kui valgus täiesti puudub. Seda tõendab mere sügavuste uurimine: sügavustes, kuhu ükski päikese kiir ei ulata, leitakse täiesti pimedate vähkide hulgast niisuguseid, kelle liitsilmad terve veerandi osa kehast oma alla võtavad. Ka trilobiidid olid vististi osalt sügava vee loomad, ja sellega tuleb seletada silmade suurt arenemist ühtedel ja nende täielikku puudumist teistel. Peab arvama, et viimaseil selle asemel väga tundlikud haistmis- ja puutumisorgaanid olid.

Peale trilobiitide on siluuri-ajajärgu lademeis veel teiste suurte vähitaoliste kivistusi.

Siluuri-ajajärgu lõpul hakkas siin ja seal rohkem kuiva maad tekkima. Vee tõusu ja mõõna läbi, suure lainetamise tagajärjel ehk mõnel muul põhjusel sattus hulk trilobiite niiskesse, mudasesse soomaasse, kus nad mitte ei surnud, vaid olude kohaselt muutusid. Arenemine sündis väga pikkamööda ja mitmes sihis, sest elutingimused olid mitmel pool ka mitmesugused.

Nõnda on esimesed kuiva maa loomad väga veeloomade sarnased. Pikalise arenemise teel võis vähist skorpion välja kasvada, nagu seda ka tõepoolest juba siluuri lademeist leitakse.

Taimeriigi kivistusi on väga vähe leitud. Mõned seene tõugu taimed ja karukollad, soodes sammal — need on kõik siluuriaja taimeriigi jäänused.

c) Devooni-ajajärk.

Devooni lademed on liivakivid, lubjakivid, kildsavikivid j. n. e., millest läbi käivad tihti vulkaaniliste kiviliikide sooned.

Mis meie kodumaasse puutub, siis on Riia lahe põhi devooni lademetest. Lõunapoolses Eestis ja Latvijas on nendest lademetest aluspõhi. Devooni lademed on kolmekihilised. Alumine kiht algab keset Eesti territooriumi, läheb Peipsi lõunapiirini ja siit Võnnu, Riia ja Goldingi poole. Ta on peaasjalikult punane liivakivi, mida sagedasti jõgede ja järvede kaldailt leitakse. Kivistusi on temas vähe. Keskmist kihti on Väina jõe kallastelt leida. Ta seisab koos peaasjalikult dolomiidist ja liivast ja on rikas kivistustest. Pealmist devooni kihti, mis enamasti liivakivist, võib Baltimaade ringkonnast ainult mõne jõe kaldalt leida.



Joon. 43. Kilpkala.

Ilmuvad esimesed kalad, nõndanimetatud kilpkalad (joon. 43). Meieaegsed kalad on, nagu teada, selgrooliste seas kõige madalamaks astmeks; aga selgroolisi kalu (luukalu) devooniajajärgul veel ei olnud. Kilpkala keha esimene pool oli väikeste luukilbikestega kaetud, kuna tagumine osa kehast ja saba kas üsna paljad või mõnel väikese soomusega kaetud olid. Nad liikusid vete põhja mööda mõlakujuliste jäsemete abil. Kasvu poolest olid paljud neist väga suured.

Kilpkalade järele ilmuvad niisugused kalad, kel juba selgroo koht on ära märgitud. Nimelt ilmub tulevase selgroo kohta krõmpsluust pikk peenike pael, nagu nöör, n. n. keelik (chorda dorsalis). Neid kalu kutsutakse vaaplasiks. Nende soomu-

sed olid iseäralise vaabasarnase kõva läikiva ollusega kaetud. Vaaplased olid juba u j u j a d organismid.

Ilmusid esimesed p u t u k a d, niisugused, kes ennast mitte õiemahlast ei toida.

Trilobiidid, kes enne suurt osa etendasid, hakkavad devooni-ajajärgul vähenema, niihästi oma mitmekesisuse kui ka arvu poolest. Graptoliidid kaovad hoopis.

d) K i v i s ö e - a j a j ä r k.

Selle aja tähtsamad lademed on: lubjakivid, gips, kildsavikivi, liivakivid ja kivisüsi. Kivisöe lademed sündisid ka teistel aegadel, siluuri-ajajärgust algades, ja sünnivad praegugi, aga ükski teine ajajärk ei või kivisöe rohkuse poolest kivisöe-ajajärguga võistelda. Kivisöe pealademed on põhjapoolsel maapoolel ja nimelt 30. ja 60. põhjalaiuse-kraadi vahel.

Ka sel ajajärgul ei olnud veel selgroolisi kalu, kuna trilobiidid olid kadumisel. Endistel ajajärkudel olid mereloomad ja -taimed enamuses, aga kivisöe-ajajärgul leiame väga mitmekesise m a i s m a i s e loomariigi ja iseäranis rikkaliku taimeriigi.

Loomadest on sel ajajärgul iseäranis tähtsad — k a h e p a i k s e d, kes aga vähe meieaegsete kahepaiksete sarnased olid. Nad olid enam-vähem konnade ja krokodillide sarnased, kuid õige suured. Kõige tähtsam vahe — neil kahepaiksetel ei olnud selgroogu, vaid selle asemel oli krõmpsluust keelik, nagu vaaplastel. Ka pealuu aset täitis krõmpsluust karbike, mis väljastpoolt tugeva kilbiga kaetud; seepärast kutsutakse neid kõige vanemaid kahepaikseid k i l p p e a l i s t e k s (*Stegocephali*). Nad elasid kuival maal ja magedas vees. Nende kehaehituses on palju sarna-

sust roomajatega, kes hiljemini ilmusid. Tähelepandavad on veel hiiglakonnad, kes nagu vahelüliks said kahepaiksete ja maismaa loomade vahel.

Sel ajajärgul on olnud haruldaselt suured putukad ja ämblikud. Niiskel maapinnal elutsesid skorpionid.

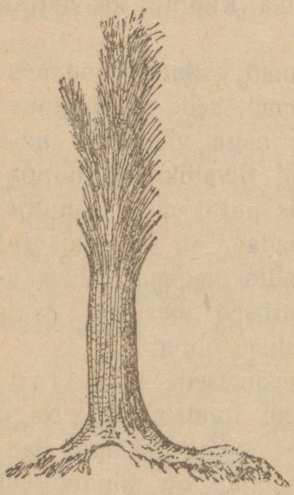
Vähkidest ilmuvad kõige kõrgemad liigid — kümnejalgsed vähid, kelle hulka kuulub ka harilik jõevähk.

Sel ajal tegid mõned loomad esimesi lendamiskatseid, nimelt niisugused loomad, kelle nahk hüppamisel nii välja venis, et see nagu vihmavari neid kandis, ehk kes oma tekkivaid tiivaliikmeid hüppamisel abiks tarvitasid, iseäranis putukad — rohutirtsud j. t. sihktiivalised. Arusaadav, et sel ajajärgul puudusid kõik putukad, kes endid magusast lillemahlast toidavad, nagu liblikad, kärbsed, mesilased, herilased, sipelgad j. n. e., sest lilli ei olnud.

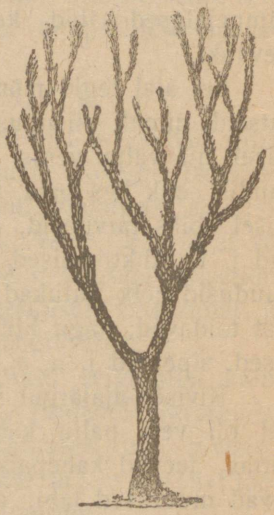
Kivisöe-ajajärgul ilmusid esimesed roomajad, kel oli veel palju kahepaiksete tundemärke. Nagu tuttav, teevad kahepaiksed oma arenemiskäigus teatavad muutused läbi, aga roomajail on sündimisest saadik tüübiline väliskuju. Kahepaiksed hingavad kogu eluajal ehk vähemasti noores põlves lõpuste abil, roomajad aga hingavad sündimisest saadik kopsudega. Kahepaiksed, nagu konnad ja salamandrid, on paljad, aga roomajad, nagu ussid, sisalikud, krokodillid ja kilpkonnad, on soomustega ja luukilbikestega ja -kilpidega kaetud.

Kivisöe-ajajärgu roomajail on aga lõpused tervel eluajal ehk vähemasti noores eas. Kehaehituse poolest on nemadki kahepaiksete sarnased, aga pea on neil roomajate tüübiliste tundemärkidega. Nõnda

on meil siin ülemineku- ehk kollektiivne tüüp. Need meie roomajate esivanemad elasid suuremalt osalt vees ja nimelt magedas vees, sest neid ei leita mere lademeist, vaid maismaa taimejätiste, putukate, tuhatjalaliste j. t. hulgast, ka puuõõnsustest ühes mageda vee limulistega.



Joon. 44. Sigillaar.



Joon. 45. Lepidodender.

Vulkaanide tegevuse tagajärjel oli õhus süsihaput gaasi liig palju ja hapnikku vähe. Tekkis väga lopsakas taimeriik, mis süsihaput gaasi ära tarvitas ja hapnikku andes õhku puhastas.

Ja me näeme tõesti, et kivisöe-ajajärgul mannermaa pind suureneb ja taimeriik jõudsasti edeneb. Aga õistaimi ja lehtpuid otsiksime asjata, sest neid ei olnud. Leida võis ainult sõnajalgu, karukoldi ja osje, kes mitte seemnete, vaid eoste abil sigivad. Need

vanad veelapsed kasvasid kõige paremini niiskel soomaal ja said määratu suureks, näit. hiigla-karukollad sigillaarid (joon. 44), mis kuni 30 meetrit kõrgeks kasvasid ja 0,6 mt. läbi mõõta. Lepidodendrid (joon. 45), hiiglaosjad kalamiidid ja puusarnased sõnajalad on valitseval kohal. Selle taimeriigi jätistest on sündinud kivisöe lademed.

Kivisöe-aja metsadel on see iseäraldus, et nad igal laiuskraadil ühesugused on, mis näitab, nagu oleks kliima ekvaatorist nabadeni ühesugune palav olnud. Veel üks tähtis asi: neil taimedel on väga arenenud niisugused iseäraldused, mis aitavad langevate veetilkade hävitavat mehhaanilist mõju kõrvaldada. Tähendab, kliima oli niiske ja vihmarikas, mille tagajärjel sood, laguunid suure osa maad oma alla võtsid ja kivisöe lademete sündimisele nii suurel mõõdul kaasa aitasid, nagu me seda teistel ajajärkudel ei leia.

e) Permi-ajajärk.

Need lademed seisavad koos lubjakividest, dolomiitidest, gipsist ja kivisoolast. Sadade kuni tuhandete meetrite paksused kivisoola kihid on Saksamaal Magdeburi lähedal Sperenbergi juures. Suured on need lademed ka Austrias (Velitshka) ja Venemaal (Orenburi lähedal).

Lubjakivide, gipside ja kivisoola kihid näitavad, et tolleaegne merevesi juba kibesoolane oli.

Selle aja loomadest on tähelepandav see, et ilmusid esimesed päris roomajad, kes, nagu eespool tähendatud, kahtlemata kilppealisist kahepaikseist on arenenud ja ise jälle ülemineku-vormiks kõrgematele selgroolistele — imetajatele said. Peale nende

oleksid veel nimetada kahepaiksed, vaaplased ja putukad. Trilobiidid surevad sel ajajärgul hoopis välja.

Taimeriik oli esialgu veel õige kivisöe-ajajärgu sarnane. Viimaks aga hävisid suured metsad, et maad anda uutele vormidele.

Keskaeg (mesozoiline aeg).

Keskaega võib ülemineku-ajaks nimetada, mis seob vana maailma ja selle hoopis iseäralise loomaning taimeriigi uue aja orgaanilise ilmaga.

Lademed lähevad väga vähe lahku vana aja lademeist, ainult nende paksus on vähem; seepärast arvatakse, et keskaeg oli lühem kui vana ja esiaeg.

Mis loomadesse puutub, siis on keskaeg roomajate õitseaeg: nad olid tähelepandavad niihästi oma suuruse kui ka esitajate kehakuju mitmekesisuse poolest. Muinasloolised lendmaod ehk draakonid, kelle mitmete rahvaste luulelend loonud, ei ole midagi keskaja elukate kõrval: roomajad vees, roomajad kuival maal, roomajad õhus lendamas.

Keskaeg jagatakse kolme ajajärku: triase-, juura- ja kriidi-ajajärk.

a) Triase-ajajärk.

Triase-ajajärgu lademed on liivakivid, lubjakivid, savid, gips, merglid ja kivisool.

Triase-aegne loomariik läheneb juba meieaegsele, siiski on tal oma iseäralisusi. Osa madalamaid selgrootuid loomi — korallid, meresiilid ja mereliiliad — lähevad meieaegseist vähe lahku. Aga teised — belemniidid (joon. 46) — olid hoopis isemoodi.

Enam arenenud loomadest olid kõige rohkem

esinemas järgmised roomajad: 1) suur konnasarnane sisalik *Chirotherium*, kelle jalajäljed inimese kämmalt

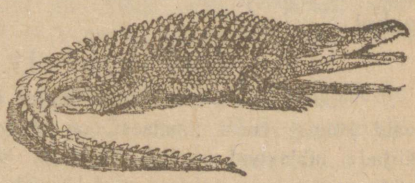


Joon. 46. Belemniit (restaureeritud).



Joon. 47. Chirotheriumi jalajäljed.

ja sõrmi meele tuletavad (joon. 47), kusjuures tagumised jalad 3 korda suuremad kui esimesed; 2) suur sisalik belodon, ligi 10 jalga pikk, meieaegse krokodilli sarnane (joon. 48); 3) mastodonsaurus, kel kolm silma oli. Ta järeletulijais on kolmas silm kadunud, aga veel praegu on Uuel-Meremaal üks sisalikuliik, kel kolmanda silma ase alles on.



Joon. 48. Belodon (restaureeritud).

Isegi alamat tõugu imetajad (kukruliste seltsist) ilmusid juba triase-ajajärgul; aga kõige keskaja jooksul oli neil arenemata kuju: nad olid väiksed ja haruldased loomakesed, väga lihtsa ehitusega, mõnes joones lähedalt roomajate sarnased.



Joon. 49. Okaspuu oks triase-ajajärgult.

Kliima oli muutunud. Mets ei kasvanud enam nii lopsakalt nagu kivisöe-ajajärgul. Ehk küll veel kliimavöid olemas ei olnud ja taimeriik nabadest ekvaatorini enamvähem samalaadiline oli, hakkasid siiski kliima üleüldise külmenemise tõttu endised sigillaarid, lepidodendrid ja suured sõnajalad kaduma. Leida võis veel suuri osje, 6 mt. kõrged. Need taimed etendasid triase-ajajärgul sama osa, mis kalamiidid kivisöe-ajajärgul. Ilmusid okaspuud, mis pealiskaudu vaadates meie palmipuude moodi (joon. 49) ja mis vahelüliks on eostaimede ja kõrgemate õistaimede vahel.

b) Juura-ajajärk.

Juura lademed, mis mitte ainult Juura mägestikust ei leidu, vaid kõigist viiest ilmajaost, on oma kokkuseade poolest õige kirjud: lubjakivid, savid, kildkivid, liivakivid jne. vahelduvad alatasa; siia juure tulevad veel käsnade ja korallide lubjakihid.

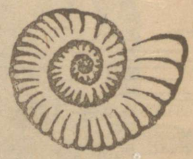
Et juura lademeis väga pakse lubjakihte on, mis vesi kergesti läbi õõnestab, seepärast leidub seal tihti maa-aluseid koopaid, tuleb tihti ette järvi ja mullapinna sissevajumisi. Kõige sellega ühenduses on allikate rohkus.

Mis mere ja maismaa jaotamisse puutub, siis olid sel ajal järgmised mannermaad:

1) Põhja-Atlandi mannermaa, mis oma alla võttis terve Euroopa, ainult lõunapoolne serv välja arvatud, siis veel Gröönimaa, Põhja-Ameerika ühes saarestikuga ja Atlandi ookeani nende maade vahel. Praegu on sellest mannermaast ainult üksikud tükid järel.

2) Lõuna-Atlandi ehk Aafrika-Brasiilia mannermaa, mille alla käis terve Lõuna-Ameerika (välja arvatud läänepoolne serv), Aafrika, Araabia ja Atlandi ookeani osa, mis Ameerika ja Aafrika vahel. Ka sellest mannermaast on praegusel ajal ainult tükid järel.

Need kaks mannermaad olid kitsa veeriba läbi teineteisest eraldatud.



Joon. 50. Ammoniit.

3) Siberi-Hiina mannermaa, mis koos seisis Siberist ja Hiinamaast. See on praegu tervelt alal ja isegi suuremaks läinud kui ta enne oli.

4) Austraalia-India-Madagaskari mannermaa, mis asus praeguse Austraalia, India ookeani ja Madagaskari saare paigus. Ka sellest on ainult jäänused järel.

Mis Euroopasse puutub, siis hakkas vesi teda järk-järgult üle ujutama: sündis Saksa veeväli, Pariisi veeväli j. t., kus Ardenni mägestik nagu saar Juura meres seisis; teise saare moodustasid praegused Vogeesid ja Schvarzvald kokku. Prantsuse kesk-kiltmaa kord vajus vee alla, kord tõusis üles.

Venemaal jäi vee alla kõige pealt Poolamaa, Kiievi ja Orenburi kub., siis Kesk-Venemaa, Dooni ringkond, Krimm ja Kaukaasia.

Meres oli rõngasarnaseid korallisaari. Peale korallide, radiolaaride, käsnade, meresiilide ja mereliiliate leiame tolleaegsest merest veel peajalalisi, molluske, ammoniite (joon. 50), kelle karbid mõnikord 2 sülda läbi mõõta. Looma päris eluasemeks oli üksnes karbi eesmine osa. (Neid on ka triase-ajajärgu Alpi lademeist leitud.)

Ammoniidid ja belemniidid olid keskaja meredes niisama tüübilised, nagu trilobiidid ja käsijalalised vana aja meredes. Peale nende leiame Juura meredes suuri kiskjaid loomi: 1) plesiosaurus, kes 3—9 mt. pikaks kasvas. Keha oli tal harilikkude neljajalgsete keha sarnane, aga käpad sündisid ainult ujumiseks. Kael pikk, nagu uss, selle otsas sisaliku pea, aga suus krokodilli hambad; 2) ihtüosaurus



Joon. 51. Ihtüosaurused Juura meres (restaureeritud).

(sisalik-kala), kes kuni 12 mt. pikaks kasvas ja välispidi delfiini sarnane oli (joon. 51). Selles ajajärgus ilmusid luukalad, kes aga järgmise ajajärgu jooksul alles täielikult välja kujunesid.

Kuiva maa loomadest on iseäranis tähelepandav brontosaurus, 23 mt. pikk (joon. 52), ja atlantosaurus, üle 28 mt. pikk ja 8 mt. kõrge. Pealuu õõnsuse järele otsustades pidid need loomad küll õige tõlbid ja rumalad olema.

Nagu kivisöe-ajajärgus taimeriigi esitajad hiigla-

suureks kasvasid, nõnda võtsid nüüd hiiglakehaga loomad kuiva maa oma valitsuse alla.

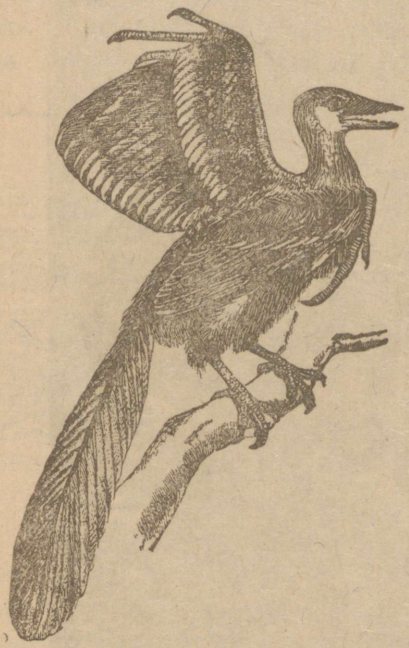
Peale nimetatud loomade on tähelepandavad lendavad sisalikud, mitmes suuruses: varblase



Joon 52. Brontosauruse üleüldine kuju (restaureeritud).

suurused, tuvi suurused, oli ka niisuguseid, kes väljasirutatud tiibadega 4 sülda laiad. Nad võisid vees ujuda, õhus lennata ja kuival maal joosta. Need imelikud loomad olid pärislindude ülemineku-vormiks.

Hiljemini ilmus lendava sisaliku järeltulijana esimene sisalikusarnane l i n d *Archaeopteryx* (s. t. ürglind, joon. 53), kes juba sulgedega kaetud oli, aga sisaliku peaga ja teravate h a m m a s t e g a; ka pikast l ü l i d e r e a s t koosseisev s a b a oli tal, n a g u r o o m a j a i l. Väikeste tiibade tõttu pidi ta halb lendaja olema. *Archaeopteryx* on oma ehituse poolest roomajate ja lindude vahepealne sünnitus.



Joon. 53. Archaeopteryx (restaureeritud).

Imetajaist elajaist on juura lademeist leitud väheseid k u k r u l i s t e jäänuseid.

Putukaid oli palju: suuri vesineitsid, sitikaid ja rohutirtse. Aga eespoolnimetatud põhjusel puuduvad täiesti liblikad, mesilased, sipelgad.

Juura-ajajärgu kaladel on juba sümmeetriline sabauim. Ilmus esimene l u u k a l a d e esitaja (*Leptolepis*), väike, paari tolli pikkune kalake.

Taimeriik oli võrdlemisi rikas. Küll ei olnud veel lehtpuid ega üleüldse õistaimi, aga suured osjad,

okaspuud ja palmide sarnased taimed kasvasid suurte metsadena, mille jätistest on sündinud paksud juura kivisöe-lademed.

c) Kriidi-ajajärk.

Keskaja viimast järku kutsutakse kriidi-ajajärguks. Tema lademed seisavad koos lubjakividest, kildkividest, merglitest, savidest ja liivakividest. Kriit aga, millest ajajärk oma nime saanud, moodustab ainult ülemised, nooremad kihid.

Juura-aegsed mannermaad jäid ka kriidi-ajajärgul seisma, aga mõnede muutustega.

Kriidi-ajajärgu lõpul oli peaaegu kõik Euroopa, Põhja-Aafrika, Lääne-Aasia, Turaan, Turkestan, osa Põhja-Ameerikat ja Brasiiliat jälle vee all ja kattus kriidilademetega. Kõik need päratumad kriidilademed on pisikeste loomade (juurjalaliste) sünnitus.

Kaladel ei olnud esiotsa mitte luid sees, vaid neil oli, nagu vähkidel, kõva koor ümber. Kriidi-ajajärgu jäänused aga näitavad, kuidas nende sisemine luukere ikka täielikumalt välja arenes, nõnda et nad selle ajajärgu lõpuks juba meieaegsete kõrgemalseisvate kalade sarnaseks said.

Muidu oli loomailm peaaegu sama, mis juura-ajajärgus: samad ammoniidid ja belemniidid, kes nüüd aga juba välja surema hakkasid, samad korallid ja käsnad, samad suured sisalikud (ujujad, lendajad ja roomajad sisalikud), küll soomustega, küll ilma, küll sarvedega, küll ilma [1]).

1) Stegosaurusel oli pisike peaaju pealuus, kuna ristluude kohal selgroos asub huvitaval kombel veel suurem ergukogu — selgroo-üdi — kui peas.

Ka ilmusid jooksjad linnud (jaanalinnud). Kõigil tolleaegseil lindudel on hambad suus.

Nähtavasti oli loodus roomajatega oma katsete tipule jõudnud ja kõik teinud, mis ta roomajatega võis teha. Ta oli brontosauruse sarnased mürakad liikuma pannud, kes oma 50.000 naela kaalusid. Kaugemale ei olnud võimalik selles sihis edasi minna. Üks väike hiiresuurune loomake, kes brontosauruse eest puu otsa peitu puges, näis palju eluvõimelisem olevat. See pisike loomake oma väledate, imestamisväärt sihikindlate liigutustega ja teravate silmadega oli — imetaja. See väike kukkurhiireke oli juba varemini, triase-ajajärgul, välja arenenud roomajaist, kus need veel pisikesed ja arenemisvõimelised olid. See imetaja oli palju õnnelikumas seisukorras kui tema naabrid — roomajad: viimased olid külma verega loomad, kes oma määratuma keha ainult kõrvetava päikese paistel tarvilikult soojaks jõudsid kütta ja ainult siis küllalt elavad olid. Muutus kliima külmemaks, nagu seda kriidi-ajajärgus maavööde sündimine näitab, siis oli soojaverelise kukkurhiirekese seisukord palju parem: ta keha muretses ise omale tarvilikku soojust, pealegi oli tal soe kasukas seljas — ta võis igal ajal kiiresti liikuda. Ka muidu oli ta mitmeti paremas seisukorras: tal oli võrdlemisi suurem peaaju, haistmisvõime oli peenem, hambad olid sündsad mitmesuguse toidu söömiseks j. n. e.

Teiselt poolt hakkasid suured elukad, kel ühtegi vaenlast karta ei olnud, oma sõjariistu kaotama. Pterodaktülustel oli putukaid õhus küllalt ja ihtüosaurustel — kalu: nad ei tarvitsenud enam üksteist murda. Hilisemate pterodaktüluste ja ihtüosauruste

juurest leitakse, et nad oma hambadki on kaotanud: neid ei olnud pehme toidu söömiseks enam vaja. Nõnda olid nende loomade päevad loetud.

Loodusel oli uus plaan: kuna ta esialgu loomadele vaenlaste vastu võitlemiseks tugevad hambad, suured sarved ja teravad küüned ja kannused, kaitseks aga kõva koore ja paksud soomused kaasa andis, mis nende liikumist aga raskendas, hakkas ta nüüd suuremat rõhku nende peaaju peale panema, sest tark pea on lõppude lõpuks kõige parem kallaletungimise ja kõige kindlam kaitseabinõu, nagu me seda ka väga selgesti inimeste sõjapidamise-abinõudest näeme, kus raudriiete asemele astus tark pea ja hoolas vaimutöö.

Taimeriik oli teinud suure edusammu. Ilmusid õistaimed, niihästi ühe- kui ka kaheidulehelised: palmid, magnooliad, tammed, plaatanid, vahtrad, pajud, paplid, kased, pöökpuud ja tõrjusid vanad vormid kiiresti eest. Peaaegu kõik need puud kasvasid toredasti ka Gröönimaal.

Iseäranis rikkad on õistaimede poolest ülemised kriidikihid. Kriidi-ajajärgu puud — pöökpuud, tammed, pajud, magnooliad, palmid — on peaaegu täiesti nende sarnased, mis nüüdsel ajal kasvavad. Ka kliimavööd hakkasid kriidi-ajajärgu lõpuks kujunema, nõnda et põhjamaades paras kliima oli.

Õistaimedega ühel ajal ilmusid paljud putukad, kes end toidavad õite magusast mahlast ja taimede tolmumiseks kaasa aitavad.

Uus (kenozoiline) aeg.

See on aeg, kus mannermaa oma käesoleva kuju saab, imetajad, linnud ja luukalad

oma arenemise täiusele jõuavad ja inimene ilmub.

Uue aja lademed (savikivid, lubjakivid, liivakivid, konglomeraadid) langevad oma kivistuste poolest kahte järku: 1) tertsiäär- ehk alumised kihid, kus loomade ja taimede jäänused meieaegsetest veel lahku lähevad, ja 2) diluuviumikihid, juba meieaegsete vormidega, kuna kõige uuemat, käesolevat geoloogilist aega alluuviumi-ajajärguks kutsutakse.

a) Tertsiäär-ajajärk.

Tertsiäär-ajajärgul sündisid maakera koorega viimsed suured muutused, mis tegid ta ligikaudu selle kujuliseks, nagu ta praegu on. Mitmesuguste kerkimiste ja vajumiste tagajärjel kujunesid aegamööda praeguse aja mannermaad ja mered. Maakera koore kortsuvajumise ja suure rõhumise tagajärjel tekkisid suured mägestikud, nagu Alpid, Karpaadid, Püreneid, Himalaja, Kordiljeerid j. t.

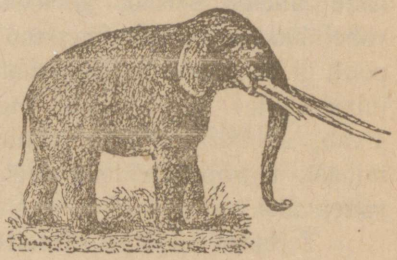
Selleaegsed pruunsöe lademed Põhja-Saksamaal näitavad, et seal oli olemas ka suuremaid või vähemaid kuiva maa osasid. Niisama leitakse merevaiku Saksamaalt ja kogu Balti mere kaldalt. See on okaspuu-metsade vaik.

Nagu keskaeg oli roomajate, nõnda on tertsiääraajajärk imetajate valitsuse aeg. Ilmusid esimesed kõrgemad imetajad, nõndanimetatud platsentaarsed imetajad, s. o. niisugused imetajad, kel platsenta on välja arenenud. Platsenta (järelsünnitus, emakook) on sünnitus, mille läbi on loode emaihuga kindlas ühenduses, nõnda et loote arenemine ei sünni mitte ainult nende olluste arvel, mis munarakkudes,

vaid ka ema organismi arvel. Ja mitte ainult toitmine, vaid ka idu hingamine sünnib platsenta abil.

Peale imetajate tuleb platsenta ka mõnede haikalade juures ette, näit. haikala *Mustelus laevis*'e juures.

Madalamail imetajail, nõndanimetatud kukrulistel (*Marsupialia*), on kõhu all nahkvoldid ehk -kotid, kus noor idu pikemat ehk lühemat aega areneb. Nende idu toitmine sünnib ainult osalt ema organismi kulul. Niisugused imetajad ilmusid juba keskajal, triase-ajajärgul.



Joon. 54. Mastodon.

Ühised on aga kõigil, niihästi madalamail kui kõrgemail imetajail — piimanäärmed.

Kuna esimene imetaja pisike kukkurhiireke oli, ilmusid nüüd suured vormid: vaalaskalad vees ja mitmed suured imetajad kuival maal. Aga ka kukrulised kasvasid hiiglasuureks, näit. elevandi suurune rohusööja diprotodon.

Tüübilised sellele ajajärgule on veel meie hobuse esivanemad, kel iga nelja jala otsas viis varvast oli, kuna meie hobusel neid üksainus (kabi) on, ja teiste kabjaliste esivanemad.

Selle ajajärgu lõpu poole ilmusid imetajad, kes nüüdisaegsetele õige lähedal: paksunahalistest mastodonid (joon. 54), ninasarvikud, päris elevandid j. t., kabjalisist — hobused, antiloobid, põdrad, kukrulised, närijad ja

viimaks ka a h v i d, esiotsa pool-ahvid, kes esialgsete kabjalistega ligidalt sugulased: nende vahelt on ülemineku-vormid leitud, näit. üks loom kriakus (*Chriacus*) — Ameerikas ja adapis — Euroopas. Nende luukere ehitus tuletab meele ühest küljest esialgseid kabjalisi, teisest küljest aga pool-ahve. Siis ilmusid päris pool-ahvid. Alles hiljuti on ka tertsiäär-ajajärgu pärisahvid leitud: 1910. aastal kirjeldas Schlosser üht pärisahvi *Propliopithecus*, kes gibbonite ehk puuahvlaste lähedal seisab, ja teist — *Parapithecus*, kes vahelüliks oa ülemalnimetatud pool-ahvide vahel ühelt poolt ja alamate ja kõrgemate (antropomorfiliste — inimeseliste) ahvide vahel teiselt poolt. Schlosser arvab, et need liigid, iseäranis *Propliopithecus*, on niihästi antropomorfiliste ahvide kui ka inimese esivanemaiks.

Tertsiäär-ajajärgu linnud on juba praeguste lindude sarnased.

Mis puutub taimeriiki, siis oli ta tertsiäär-ajajärgu alguses tore: kasvasid kõige ilusamad p a l m i d — tuulutajapalmid oma 5 jala laiuste lehtedega, loorberipuud, kampveri- ja elupuud, akaatsiametsad, magnooliametsad j. n. e., muidugi ka meie tammed, pärnad, pajud, haavad, vahtrad, jalakad, lepad, kased j. m. Niiskeid orge ehtisid viimased sõnajalapuud, soid ja liivalagendikke katsid okaspuu-metsad. Nende okaspuude tüvedest tilkus igal pool, kus koore haavad olid tekkinud (olgu välgu läbi, murdumise teel, oravate närimise, lindude nokkimise või putukate uuristamise tagajärjel), kollast vaiku, mis pärast kõvaks hangus ja meie ajal merevaigu nime all tuttav on. Taimed jagunesid juba vööde järele: troopika, eel-

troopika ja parasvöö taimed. Arvatakse, et vähemasti kaks miljonit aastat kestis see taimede paradiisi aeg.

Sel ajal ja selles paradiisimetsas ilmus — esimene inimene. Kõik märgid näitavad, et tertsiäär-ajajärgu keskel vist juba inimene on elanud, kes kiviriistu ja hiljemini luust tarbeasju oskas valmistada ja tarvitada.

Aastatuhandete jooksul hakkas soojus kahanema. Euroopa metsadest kadusid loorberi- ja mirdipuud, ninasarvikul, jõehobul ja teistel hiiglaloomadel hakkab karvakasukas selga kasvama. Jõudis kätte uus, nõnda-nimetatud diluuviumi-ajajärk ehk jää-aeg.

b) Diluuviumi-ajajärk (jää-aeg) [1]).

Nagu meres tõus mõõnaga vaheldub, nõnda on ka orgaanilisel ilmal oma tõusu- ja mõõna-aeg, seda-mööda kuidas tingimused võimalust andsid.

Selle aja lademeis on iseäranis tähelepanemise-väärilisel kohal turvas, mille kihid mõnes kohas Saksamaal, Iirimaal ja Venemaal 50—100 ruutkilo-meetrini ulatavad ja paksus kohati 10 meetrini. Peale selle on ses ajajärgus kõige harilikumad lademed kruus, liiv, savid. Peaaegu täiesti puuduvad need mineraalid, millega me siiamaani tihti kokku puutu-sime: lubjakivi, dolomiit, liivakivi, gips, kildsavikivi.

Euroopa kliima hakkas külmenema. Mägede harjad kattusid lumega, madalal maal sadas jahedat vihma, mis viimaks ka lumesajuks muutus. Lumi, mis

1) Diluuvium tähendab — veeuputus. Vanal ajal arvati eksikombel suurt veeuputust sellesse ajajärku. Selle ajajärguga läheb Euroopa jää-aeg ühte. Seepärast annavad mõned geoloogid kõigele ajajärgule „jää-aja“ nime.

mägesid kattis, muutus aja jooksul jääks ja hakkas allapoole libisema, nagu praeguse aja jääliustikud (gletsherid). Umbes verstapaksused jääjõed nihkusid Skandinaavia, Soome, Schoti ja Alpi mägedelt allapoole ja surusid nagu raudrulliga kõik ümberkaudse elu oma alla. Jääkatte piir ulatas järgmise jooneni: terve Iirimaa oli jää all, Suur-Britannia saar peaaegu Themse jõeni; siit läks jääpiir ligikaudu praeguse Belgia ja Hollandi piiri mööda kuni Veeseri jõe keskjooksuni, siit pööras ta kagu (lõunaida) poole ja jõudis kuni Karpaadi mägedeni, täielikult oma alla võttes Elbe, Ooderi ja Visla (Veikseli) jõgikonnad. Karpaatidelt läks piir otse ida poole, 50. laiuskraadi mööda Dooni jõeni, siit järsku põhja poole, Volga ja Kaamaga rööbiti Põhja-Jäämereni.

Ka suur osa Põhja-Ameerikat jäi jää alla. Liuglevad jääjõed (mannermaa jäägletsherid) kandsid oma turjal suuri kaljumürakaid, mis nad Norra, Soome ja teiste mägede küljest lahti olid kiskunud (need mäed olid enne palju kõrgemad kui praegu). Mõned nendest kaljutükkidest on nii suured, et nende peale terved talud ja külad on asutatud. Jääjõe äärte peale korjusid vähemad kivid ja kaljutükid. Pikal teel hõõrusid ja nühkisid nad oma teravad nurgad ja servad üksteise vastu ümmarguseks, küljed siledaks, nagu me seda maakividel tihti näeme. Jääkatte põhjavesi leotas mullapinna pehmeks, ja jää kaevas üle minnes mitmesse kohta määratu suured kraavid, kuhu pärast, kui jääjõgi oli sulanud, vett kogus ja järv tekkis. Nõnda on sündinud Soomemaa järved, Helveetsia järved, paljud meie kodumaa ja Põhja-Saksamaa järved.

Jää-ajajärgu lademete (liivad, savid) ligem uuri-

mine näitab, et jääaegu mitu on olnud, mida soemad vaheajad üksteisest eraldasid. Arvatakse, et meie maakera neli jää-aega läbi on elanud.

Mil põhjusel jää-ajad on sündinud, selle kohta lähevad arvamised lahku. Suurem osa õpetlasi toob kaks järgmist põhjust ette: 1) aastase keskmise temperatuuri langemise ja 2) sademetehulga suurenemise selle tagajärjel, et niiskus suuremaks läks.

Eespool-nimetatud joonest lõuna poole ei jõudnud jääjõgi tungida: kagu pool oli päikesepaiste nii tugev, et ta jääd sel mõõdul sulatas, mil mõõdul see põhja poolt ligines. Suur vee hulk, mis jää sulamisest tekkis, täitis Aarali, Kaspia ja Musta mere nii täis, et need peaaegu üheks mereks ühinesid, mille kaldani aga jääjõgi ei ulatanud.

Taimeriik, mis üleüldiselt praeguse aja taimeriigi sarnane, pidi kliima muutuse tagajärjel oma geograafilist asupaika muutma: jäävälja piirkonnas ja selle lähikonnas ei võinud kasvada need taimed, mis siin praegu kasvavad.

Kuidas kliima muutuse järele ka loomad muutusid, näeme väga selgesti elevandi käekäigust: kord, kui elevandid oma sünnipaigast, Aafrikast, kus nende esivanemad praegu veel kõrveliivas puhkavad, kaugele põhja poole rändasid, oli nende nahk sile ja paljas, nüüd aga, jääajal, on nende nahk pruuni karvase kasukaga kaetud. Nende suured kihvhambad, mis enne puuoksade murdmiseks tarvilikud olid, on paljal lagendikul ilmaaegseks jäänud ja looga viisi kõveraks kasvanud. Neid elevante kutsutakse mammutiteks. Siberi igavesti külmanud maapinnast leitakse nende luukeresid ja isegi terveid surnukehi: nahk 30—50 sentimeetrit pika karvaga kaetud, lihasekava, isegi sise-

mised orgaanid on leitud. Nad ei ole mitte kivistunud, vaid külmanud. Niisama olid karvaga kaetud ka ninasarvikud ja jõehobud. Tolle aja loomadest elavad mõned praegu veel, nagu metssõnn — Grodno kubermangus ja Kaukaasias, tiibadeta lind „kiivi“ — Uuel-Meremaal.

Teised tolleaegsed rohusööjad olid lirimaa suur põhjapõder, harilik põhjapõder, harilik põder, härg, lammas jne.

Nagu mammut, nõnda olid kohanenud ka kiskjad loomad, iseäranis koopaelanikud: koopakaru, koopahüään, koopalõvi, kes kaks korda suurem oli kui praeguse aja kõige suurem lõvi. Tal ei olnud üleüldse vastast, ja ta tungis isegi mammuti kallale. Peale selle elutsesid Euroopas hallid karud, suured pantrid j. t. Nõnda oli Euroopa rikas kiskjaist loomadest.

Aga ka niisuguseid kohti leidus maakeral, kus kiskjaid loomi ei olnud. Suurtes Madagaskari metsades oli ainult üsna pisikesi kassisarnaseid röövelajaid. Austraalias, Uuel-Meremaal ja Uues-Guineas ei olnud, peale mõne väikese hiiresarnase kiskja looma, ühtki kiskja looma liiki, küll aga palju rohusööjate liike.

Väga võimalik, et inimene just niisuguses maakohas on tekkinud ja arenenud, kus võitlus elu eest mitte väga kibe ei olnud ja kus inimese keha selles sihis võis areneda, nagu ta on arenenud: peaaju võrdlemisi suuremaks kasvanud kui ühelgi teisel loomal, nina väiksemaks jäänud, mis inimese haistmisvõimet vähendas, liikmed painduvad, aga ilma kaitseabinõudeta.

Kus kohal ja kuidas ilmus inimene, selle küsimise peale ei suuda teadus veel kindlat vastust anda.

Diluuviumi-ajajärgul elas maakeral olevus, kes oma kehaehituse poolest praeguse aja inimesele õige lähedal seisis, aga temast lahku läks mõnede ehituse-detailide poolest, mis seda olevust inimesesarnasele ahvile lähendasid. See olevus oskas kivist tööriistu valmistada. Talle on nimeks antud eelajalooline inimene, sest ta elas igal teatud maal enne seda aega, kui seal algas ajalooline ajajärk, s. o. ajajärk, millest kirjalikud mälestused järele on jäänud.

Peale selle lubavad geoloogilised andmed tõendada, et need eelajaloolised inimesed, kelle kehaehitus enam meieaegse inimese kehaehituse sarnane, elasid teatavail mail hiljemini kui need eelajaloolised inimesed, kes, vaatamata suure sarnasuse peale praeguse aja inimesega, ometi veel paljude joontega kõrgemaid ahve meele tuletasid.

Niikaugele kui inimese jäljed tagasi ulatavad, tunnistavad need, et inimene vaimliselt on tegev olnud. Seda tõendavad kõige pealt tööriistad, mis inimene on valmistanud ja tarvitanud. Ka loomad oskasid kaikaid tarvitada, aga inimene oskas tööriista otstarbekohaseks teha.

Inimese paljunemisega algas uus ajajärk —

c) Alluuviumi-ajajärk,

mis meil praegu käes on. Maakera kuju on sel ajajärgul vähe muutunud, seda suurem on aga edu inimese vaimlise tegevuse väljal.

Kliima muutus lõpuks jälle soemaks, jääkate vähenes ja andis maapinna jälle vabaks.

Selle järele, kuidas inimene oma tarbeasju õppis paremaks, ilusamaks, otstarbekohasemaks tegema ja

kuidas inimese kultuur kasvas, jagatakse alluuviumi-ajajärk järgmiselt:

1) Vana kiviaeg, kus inimene kivist tarbeasju tegi, neid aga veel siledaks ei osanud teha. Ränikivi katkipeksmisel sai ta teravate äärtega kõvad kivitükid, mida ta niisugustena oma tegevuses tarvitas. Hiljemini õppis ta nüriks läinud tarberiistu teritama.

2) Uus kiviaeg, kus inimene oli õppinud kivist tarbeasju juba siledaks tegema.

3) Pronksi- ehk vaseaeg, mil inimene vasekiviga tuttavaks sai, teda õppis sulatama ja vasest ehk pronksist tarbeasju tegema. Pronksist tööriistadega võis inimene kindlamaid elumaju ehitada. Selle tagajärjel jäid inimesed enam-vähem ühte kohta elama, hakkasid koduloomi kasvatama ja põldu harima.

Arvatavasti puude hõõrumisel või kivide tagumisel leidis inimene tule üles. Juba sügaval jääajal leitakse tule jälgi.

4) Esimene raua-aeg, mil raudriistad valati ja raua tagumist ei tuntud.

5) Hilisem raua-aeg, mis meie päevini kestab. Inimene õppis rauda taguma.

Mis rääkimisse puutub, siis oli see esiotsa väga puudulik. Ainult aegapidi õpiti asju ära tähendama häälega ja häälepaelu osavasti tarvitama. Veel praegu elab Austraalias inimesi, kes suurema osa eluajast puude otsas mööda saadavad ja kelle terve sõnadetagavara umbes paarkümmend sõna on. Aegamööda õppis inimene kõnelema. Ja praegugi õpime alati oma mõtteid paremini väljendama.

Üheks inimese eduka arenemise tähtsaks algtingimuseks oli see, et inimene algusest peale ühis-

eluline ehk sotsiaalne olevus oli. Küll teeb üleüldine ajalugu avalikuks riidu, tüli, verevalamist, egoismi, toorust, metsikust, — ometi näitab sama üleüldine ajalugu lõppude lõpuks ikka inimesesoo ühinemise käiku. Ja missuguseid kõrvalekaldumisi inimkond teebki, — ta läheb ometi seda ühinemis- ja edenemisteed edasi — täiuse poole.

Siiamaani on ainult väikeses maakera osas uurimisi ja kaevamisi ette võetud. Pealegi on umbes $^3/_4$ maakerast vee all. Teadmata on, mis edaspidiseil kaevamistel maapõuest leitakse. Siiski ei või me kõigist taimedest ja loomadest teateid saada, sest et näit. paljudest loomadest, iseäranis nendest, kes luudeta olid, mingisugust jälge järele ei ole jäänud. Isegi luukerelised loomad võisid tihti lõpuni kõduneda, sest igasuguses maas ei ole kivinemine võimalik.

Maakera kihtides peituvate loomade ja taimede kivistuste järele jõuame järgmistele otsustele:

1. **Looma- kui ka taimeriik on muutunud.** Nad on muutunud, nagu muutub maakeragi.

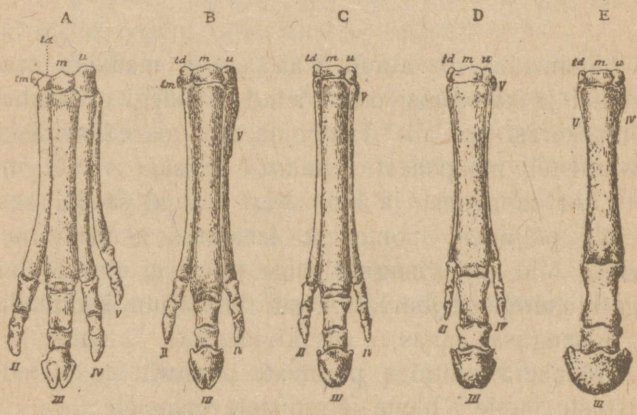
Ühed vormid kadusid, teised ilmusid asemele. Liikide arv ja mitmekesisus kasvas. Praegu on liike loomariigis umbes 400.000, kuna endistest liikidest umbes 40.000 välja on surnud ja ainult mõned üksikud veel meieaegseis meredes elavad.

2. **Mida vanemad on lademed, seda rohkem läheb nende loomailm meieaegsest lahku.**

3. **Loomade sugukonnad, klassid ja seltsid j. n. e. tekkisid maakeral mitmel ajajärgul (mitte korraga) ja seejuures ilmusid täielikumad vormid hiljemini.**

Vaatame näituseks peajoontes selgrooliste ilmumise järjekorda.

Kembriumi-ajajärgu loomad on kõige alamal arenemisastmel. Siluuri lademeist leiame küll vähi seltsi loomi, devooni lademeist kilpkalu ja vaaplasi, aga selgroolisi, mis oma ehituse poolest kaladest kõrgemal seisaksid, ei leidu veel mitte. Need ilmuvad kõige



Joon. 55. A. *Hyracotherium*'i, B. *Mesohippus*'e, C. *Anchitherium*'i ja E. hobuse esimesed jalad.

esiti kivisöe lademeis ülemineku-vormidena ja ühendavad eneses kahepaiksete ja roomajate tundemärgid (kilppealised — *Stegocephali*). Permi lademeist leiame kilppealiste kõrval ka roomajaid, kes pärastpoole palju arenesid ja kõrgemate selgrooliste, imetajate, ülemineku-vormiks said. Triase-ajajärgul leiame juba alamat tõugu imetajaid. Juura-ajal suureneb nende arv ja ilmuvad ka esimesed luukalad ja lindude ülemineku-vormid. Kriidi-ajajärgul leiame lindusid, mis enam

meieaegsete lindude sarnased. Uuel ajal arenevad imetajad jõudsasti.

Kui tähele panna mõnd üksikut klassi, siis saame sama mulje: näit. ilmuvad imetajaist esiotsa madalamad vormid, siis täielikumad, viimaks ahvid ja inimene. Äkilisi üleminekuid ei ole seal näha, kus geoloogial küllalt materjali käepärast. Klassilise näituse selle kohta annab hobuse arenemiskäik: terve rida vorme, kes päriskabjaliste eel käisid, olid hoopis teist moodi kui meie aja kabjalised. Neil oli esiotsa 5 varvast niihästi esimestel kui ka tagumistel jalgadel ja pikk saba. Hiljemini leiame esitajaid, kelle esimestel jalgadel 4 hästi arenenud varvast ja viies tüüka moodi, aga tagumistel jalgadel — 3. Veel hiljemini — 4 esimestel, 3 tagumistel jalgadel, siis — terve rida esitajaid, kel varvaste arv ikka vähemaks jääb ja viimaks hobuse kabjaga (1 varvas) lõpeb (joon. 55). Sellega ühes käib ka hammaste muutumine.

Mis üleminekuvormidesse puutub, siis oleme neid mitmeid tundma õppinud, näit. *Archaeopteryx*'i j. t.

b. Arenemisõpetus.

Praegu elavate ja ka endiste loomade ning taimede vahel on sarnasus sagedasti väga suur. Imetajate kondikava ja teiste osade ehitus on peajoontes täiesti ühtlane. Nahkhiire tiivas on needsamad luud, mis inimese käes, pääsukala uimes või lehma jalas.

Niisugune suur sarnasus ja ka geoloogilised andmed sunnivad arvama, et loomad ja taimed, kel on isekeskis suur sarnasus, on tekkinud ühiseist esi-

vanemaist; see tähendab, ühine esivanem on muutunud, kuid see muutumine on läinud mitmes sihis, mispärast tast on tekkinud mitmesugused järeltulijad. Sellepärast peabki olema järeltulijate ehituses palju sarnasust. Taime- ehk loomariiki selles suhtes tähele pannes on leitud, et kõigil loomadel ja taimedel on olemas enam-vähem nende sarnaseid esitajaid. Kõigil lindudel on isekeskis palju ühiseid tundemärke, nõndasamuti on lugu imetajatega. Lindudel on jälle mitmeti sarnasust roomajatega; peale selle teame veel, et mesozoilisel ajajärgul elasid lindude ja roomajate vahelmised vormid, kellel oli mõlemate tundemärke (*Pterodactylus*, *Archaeopteryx*). Ka imetajail on sarnasust roomajatega. Seepärast peab arvama, et linnud ja imetajad on tekkinud roomajaist muutumise teel. Roomajad on mõlemate ühised esivanemad, nad olid varemini maakeral elutsemas. Sõnajalataolistest on tekkinud õistaimed, millest üheidulehelised ühes, kaheidulehelised teises sihis edasi on arenenud.

Nõndaviisi leitakse ka paljudel teistel suguvõsadel ühised esivanemad olevat. Õieti kõik organismid on isekeskis seotud lähemate ehk kaugemate sugulussidemetega. Nad on kõik välja kasvanud kõige lihtsamast kõikide ühisest esivanemast. Õpetust, mille järele olid alguses õige lihtsad, üherakulised organismid, kellest aegade jooksul muutuse teel välja kasvasid kõik taimed ja loomad, nimetatakse arenemisõpetuseks. Arenemisõpetusele pani läinud aastasaja keskel Darwin kindla põhja (1848 ilmus raamat „Liikide tekkimine"), mispärast seda õpetust nimetatakse veel darwinismiks. Enne Darwini õpetati, et loomi kui ka taimi on niipalju, kui neid Lõpmatu

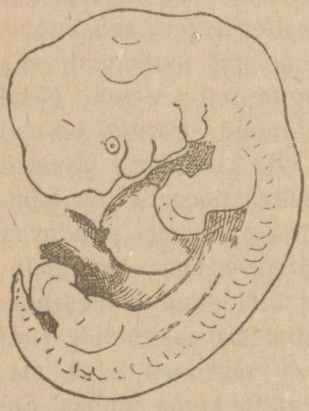
Olevus alguses lõi, et nad ei ole muutunud aegade jooksul [1]).

Peale eespool ettetoodud asjaolude räägivad organismide arenemise kasuks veel paljud teised faktid. Paljude organismide kehas on leida orgaane, mis ei täida ühtki ülesannet; need on n. n. rudimentaar-orgaanid. Nende tekkimine on arenemisõpetuse põhjal väga kergesti seletatav, ilma selleta aga hoopis arusaamatu. Vaalaskalal on olemas niudeluud, ehk küll nende küljes puuduvad tagumised jäsemed. Need luud on pärivuse teel alal hoidunud. Päritud on nad niisuguseilt esivanemailt, kel olid tagumised jäsemed ja arenenud niudeluud. Vaalaskala poegadel on hambad igemete sees (ei ilmu välja), vanadel puuduvad nad. Ka need hambad on pärivuse teel edasi andunud ja alal seisnud, ehk neil küll puudub ülesanne. Arenemisõpetus seletab ka rudimetaar-instinktide sündimise ära. Toakoer keerutab sagedasti enne magama heitmist end koha peal mitu korda ümber. Sel tegevusel ei ole toas enam mingisugust tähtsust ega mõtet. Ta oli kasulik sel ajal, kui koera esivanemad metsikult elades suure rohu sisse magama heitsid. Siis oli tarvis enne ase valmis teha.

Arenemisõpetuse kasuks räägib ka embrüoloogia. Iga keeruline organism tekib ühest lihtsast munarakust. Kõik imetajad, näituseks, on kasvamise alguses ühesugused. Sugutatud munarakust sünnib esiteks kahekihiline loode, gastrula. Hiljemini tekib kolmas kiht, millest edasi välja arenevad kõik keha

1) Iseäranis toonitas seda kuulus looduseuurija Linné, kes uue taimede ja loomade klassifikatsiooni lõi.

koed. Imetajate looted on esimesil arenemisastmeil nõnda üksteise sarnased, et on raske nende vahel vahet teha. Inimese ja ka teiste imetajate looteil on lõpusloogad (joon. 56). See näitab, et nad on arenenud kaugeist esivanemaist, kel on olnud lõpused. Nüüd kordavad järeltulijad oma isiklikus arenemises ehk kasvamises ainult mööda minnes seda vormi, mis olnud esivanemail.



Joon. 56. Umbes 33-päevane loode. Kaela kohal lõpuse kaared.

Ka putukate arenemises näeme sedasama: oma nukustaadiumis tuletavad nad meele tuhatjalalisi, mis on arenemise järele (ka geoloogiliselt) vanemad vormid. Pärivusseadust mööda kordab putukas ajutiselt seda vormi.

Esialgu oli kõrgemate taimede lehtede kuju ja ehitus palju lihtsam kui praegu, ja see lihtsus kordub nüüd veel ainult nende taimede idulehtedes.

Nõnda siis, keerulise ehitusega organism kasvab välja ühest rakust, misjuures ta järk-järgult keerulisema ehituse omandab. Alguses olid maakeral lihtsad olevused; neist kasvasid välja keerulise ehitusega. Arenenud on iga üksik taime- või loomaliik aegade jooksul. Oma isiklikus arenemises ehk kasvamises kordab organism lühidalt neid astmeid, mis suguvõsa on läbi teinud oma arenemisel pika aja jooksul (imetaja

— munarakk, lõpuseline loode jne.). Lühidalt formuleeritakse seda lauset järgmiselt: ontogenees ehk isiku arenemine on lühike fülogeneesi ehk suguvõsa arenemise kordumine. See on n. n. biogeneetiline põhiseadus. Nõnda siis tunnistab ka üksiku isiku arenemine, et ta on arenenud lihtsaist esivanemaist. Sagedasti on isegi võimalik isiku arenemise järele mitmed peaastmed suguvõsa arenemises ära määrata.

Inimene ei kujuta organismide riigis mingit iseäralist erandit, vaid käib samade seaduste alla, mis on maksvad teiste organismide kohta. On võimatu ülepääsmata kindlat piiri tõmmata inimese ja muu orgaanilise looduse vahele. Juba Linné, kellele evolutsiooni- ehk arenemisõpetus täiesti tundmata oli, arvas tarvilikuks inimesi ja ahve ühendada üheks seltsiks — *Primates* ehk ahvilised. Selle eeskuju järele käiakse ka nüüd.

Niisamasugune teaduslik materjal, mis tõestab üleüldse taimede ja loomade arenemist, on tõestamas ka inimese arenemist. Järelikult peame evolutsiooniõpetuse ka inimese kohta maksvaks tunnistama.

Praegusel ajal ei või teadus inimest ka mitte iseäraliseks seltsiks eraldada, nagu juba tähendatud, vaid ainult iseäraliseks perekonnaks. Kõik inimesed arvatakse, nende mitmekesisusest hoolimata, ühte liiki, millele juba Linné nime andis *Homo sapiens* (mõistuslik inimene).

Ühtede õpetlaste arvamise järele on kõik inimeste tõud ühest kännust võrsunud, teiste arvamise järele — mitmest iseseisvast kännust. Ühed püüavad tõendada, et liik *Homo sapiens* on evolutsiooni teel ini-

mesesarnasest ahvist arenenud, teised arvavad, et niihästi inimesel kui ka nimetatud ahvidel ühised esivanemad on olnud, kelle kehaehituses mõned inimese jooned ja mõned ahvi jooned kokku olid põimitud. Arvatakse nimelt, et need ühised esivanemad on ammu maakeralt kadunud, ja nende jäänuseid ei ole siiamaani lademeist leitud.

Inimene seisab kõige ligemal just inimesesarnastele ahvidele, niihästi anatoomilise ehituse kui ka vere seerumi poolest (veresugulus!).

Ei ole aga mingit põhjust arvata, nagu oleks inimene mõnest praeguse aja antropomorfilisest ehk inimesesarnasest ahvist arenenud. Võidakse täie kindlusega tõendada, et need kaks võsu — antropomorfiline ahv ja inimene — on kõrvu ühest kännust võrsunud ja teineteise kõrval arenenud.

Inimese evolutsioonis etendab ülitähtsat osa mõistuse arenemine. Kuid ka ses asjas ei ole ülepääsmata kuristikku inimese ja kõrgemate loomade vahel. Koeral, näituseks, on meelespidamise-võime, sest ta tunneb kohti, asju, peremeest. Ta võib õppida jahil käima, karja pidama jne., ta õpib kutsumisest ja tõrelemisest aru saama. Konna koeraga võrreldes märkame, et esimene on palju „rumalam". Kuid koera inimesega võrreldes peab ütlema, et koer on „rumalam". Mõistuski on arenenud fülogeneetilisel teel (suguvõsa arenemisel) ja areneb ka ontogeneetiliselt (isiku arenemisel).

Kehaline ja vaimline arenemine ning täienemine on ikka olnud ja saab ka edasi kestma. Kuhu ta tüürib, see on teadmata. Inimese arene-

misel on tulevik kahtlemata mõistuse õitselelöömise päralt.

c. Arenemisviisi teooriad.

Otsusele jõudes, et organismid on võrsunud ühisest kännust, mis on annud mitmesugused harud ja oksad, püüdsid teadlased ka arenemisviisi ja selle põhjusi kindlaks määrata.

Looduses ei ole üleüldse kaht täiesti ühesugust vormi olemas. Isegi taimed, mis ühe vilja seest võetud seemneist üles kasvanud, on mitmekesised. Vormi poolest ei ole ükski leht täiesti teise sama taime lehe sarnane, ükski õis, ükski õun, loom ega inimene ei ole täiesti teise koopia. Seepärast ei või täielikust sarnasusest organismide vormide vahel juttugi olla. Peaasjalikult sellest organismide väikesest muutlikkusest läheb välja Darwini teooria.

Organismid jagatakse liikidesse. Liik — see on rühm, mille sünnitavad kõige rohkem üksteise sarnased organismid. Hobune, koer, kass, hunt, kastan, lõosilm — need kõik on üksikud liigid. Liigid sünnitavad perekonnad. Õunapuu ja pirnipuu on teineteisele väga sarnased õite, lehtede ja vilja ehituse poolest. Nad mõlemad kuuluvad ühte õunapuude perekonda. Õunapuude perekonnal on palju sarnasust (õied, vili) kirsipuuga, toomingaga, pihlakaga jne. Nad kuuluvad kõik roosõieliste sugukonda.

Nõndaviisi on liik üksuseks, millest teised, suuremad rühmad kokku pandud. Kuid paljud liigid on ka ise koos mitmesugustest liigi teisenditest ehk variatsioonidest. Koer esitab küll ühte liiki, kuid koera tõugusid on palju. Nad lähevad ise-

keskis lahku suuruse, karva jne. poolest, kuid neil kõigil on nõndapalju sarnasust, et neid kõiki üheks koera liigiks loetakse. Mitmesugused koera tõud on inimene metsikust esitajast välja kasvatanud. Praeguse aja loomakasvatajad ja aednikud võivad võrdlemisi kerge vaevaga muuta antud looma ehk taime soovitud sihis. Muidugi on neil muutustel oma piir, kuid siiski on võimalikud muutused kaunis suured.

Metsmaasikast on aednikkude kunst aiamaasikad välja kasvatanud, metsikust hobusest on hobusekasvatajad ratsa-, veo- ja teised hobusetõud saanud. Metsikust õunapuust on kasvatatud sajad tarvitatavad õunasordid. Seda tööd tehakse ikka edasi ja saadakse ikka uusi teisendid.

Soovitud sihis organismi arendamisel tarvitatakse k u n s t l i k k u v ä l j a v a l i k u t. Et saada hea piimalehm, selleks valitakse välja kõige parem piimaandja. Edasi jäetakse tema vasikaist kõige paremad kasvama. Nõndaviisi jätkatakse valikut terve rea põlvede kestusel. Väljavalitud ehk saadud omadus andub edasi järeltulijaile.

Sagedasti on seejuures suur tähendus veel tingimuste muutmisel. Metsikult kasvaval porgandil on peenike puine juur. Kui teda aga heal maal hakatakse kasvatama, siis muutub juur lihavaks. Valiku teel võib saada hästi lihava juurega porgandid. Kuid kui lihav porgand jääb kasvama kõhnale maapinnale, siis kaotab ta varem või hiljem oma lihavuse.

Kuju ja ehituse muutumisel loomade juures on mõnikord tähtis tegevus. Sepp ehk teine raske töö tegija omandab tugevad lihased, kuna sellevastu istuva eluviisi juures lihased väga kiduraks jäävad. Klaveri-

mängija omandab õige suure sõrmede liikuvuse. Õppimise teel võib imeosavaid hüppeid õhus ja kõiksugu liigutusi teha. Tegevus ehk harjutamine teeb orgaanid tugevaks ja osavaks. Kuid ka sel korral ei andu saadud omadused pärivuse teel edasi, ehk see sünnib ainult piiratud määral. Lamarck püüdis seletada kõiki muutusi ja üleüldse uute liikide tekkimist orgaani tarvitamise või mittetarvitamisega. Kuid takistus seisab siin saadud omaduste pärivuse küsimuses. Et aga tekiks püsiv liik, selleks peavad omandatud tundemärgid päritavaiks jääma.

Me nägime, et valiku teel on võimalik organismi õige suurel määral muuta. Darwin läheb sellest nähtusest välja ja tõendab, et ka looduses sünnib alaline organismide valik. Valimise tingib ülisuur organismide sigimine. Võtame näituseks ühe kõige aeglasemalt sigiva looma — elevandi. Elevant hakkab sigima 30-aastaselt. 60-aastase sigivus-ajajärgu vältusel sünnitab ta kõigest umbes kolm paari poegi. Kuid siiski võiks üks ainus elevandipaar 500 aasta jooksul nõndaviisi sigides juba kuni 15 miljonit järeltulijat anda, kui kõik pojad vigastamata ellu jääksid. Linnupaar, kes sigib viieaastase eluea kestusel 4 korda, andes iga kord 4 poega, sigiks 15 aasta jooksul 2.000 miljonini. Palju suurem on võilille sigivus: ta annab umbes 100 seemet aastas. Mõne aasta järele võiksid ühe ainsa võilille järeltulijad kogu maakera katta. Karbikala koeb kuni 700.000 muna, laiuss sünnitab kuni 1.000 miljonit muna, sõnajala lehel tekib kuni 14 miljonit eost. Sigimisvõime on kõigil organismidel ülisuur, kuid paljud munadest, tõukudest, noortest poegadest ja ka täiskasvanuist saavad

hukka. Suurtes joontes on hukkasaamine nõndasama suur, kui sünnitamine. Darwini järele saavad hukka need, kes vähe kohanenud, ja ellu jäävad need, kes hästi kohanenud, kes on kõige tugevamad ehk vastupidavamad antud tingimustele. Looduses sünnib mitmesuguste tundemärkidega organisme. Mõned tundemärgid võivad olla elamiseks kasulikud, teised kahjulikud. Lind, kelle värv läheb kõige enam kokku ümbrusega, on kõige paremini kaitstud kulli hiiliva silma eest. Hunt, kes suudab kõige kiiremini jooksta või on kõige kavalam, saab saagi kõige kergemini kätte. Temal on kõige rohkem võimalusi nälga kustutada ja ellu jääda ning järeltulevat sugu sünnitada. Hukkasaamine organismide riigis on suur. Kui palju näeme noori vahtraid kevadel vabadel kohtadel kasvamas, kuid hiljemini kaovad nad. Rohi ehk hein kasvab suureks, katab vahtra lehed ning viimane kaob elu näitelavalt. Hein oli tugevam kasvama neis tingimustes, vaher aga oli nõrgem ning pidi alla jääma. Värskelt raiutud raiesmikust kaovad endised metsa-alused taimed, sest muutunud tingimustes on teised taimed tugevamad. Endised tõrjutakse välja. Noore tihedasse metsa jäävad kasvama need puud, kes kõige kõrgemaks on suutnud kasvada. Need saavad kõige enam valgust ja võivad seepärast kõige paremini kasvada. Varjujäänud puud aga surevad valguse puuduse käes. Puud võitlevad üksteisega valguse pärast. Nõndasamuti võitlevad eespool ettetoodud juhustel taimed üksteisega. Loomad võitlevad isekeskis. Igaüks püüab saada toitu, kaitset, kohaseid sigimistingimusi jne. Looduses on maksmas võitlus olemise eest. Kuid sõna

võitlus laseb arvata, nagu oleks siin tegemist otsekohese võitlemisega. Tõsi, otsekoheselt võitlevadki paljud organismid. Otsekoheselt võitlevad paljude lindude ja imetajate isad emaste pärast. Otsekoheselt hävitavad loomad taimi või ka üksteist. Kuid otsekohesel võitlusel ja hävitamisel on väiksem tähendus kui kaudsel võitlusel ja hävitamisel või hävimisel. Õigem oleks rääkida, et taimed võistlevad üksteisega valguse, vee, toidu, ruumi ja teiste tingimuste pärast. Nõndasamuti võistlevad loomad üksteisega toidu otsimisel.

Nii siis, organismid võitlevad ehk võistlevad. Võistlemisel jäävad ellu ehk püsima need, kes on kõige enam kohanenud, kes suudavad kõige paremini toitu, valgust muretseda, endid vaenlaste eest kaitsta jne. Kes vähem tugevad ja vähem osavad, need on surmale pühendatud. Nad ei ole ise eluvõimelised ega suuda eluvõimelist järeltulevat sugu sünnitada. Nõndaviisi valib loodus ise välja kõige kohasemad organismid, kes antud tingimustel kõige paremini võivad elada. Organismid muutuvad, tekivad paljud teisendid, iseäralisused, kuid välja valitakse ainult kasulikud iseäralisused ehk kasulikud muutused. Mis kahjulik, see peab varem või hiljem kaduma, ehk organism ei suuda lõpuks ise võistlust välja kanda. Säärast valikut nimetatakse loomulikuks valikuks.

Loomuliku valiku tagajärjel ilmuvad organismid, kel on kohane kehaehitus, kes reageerivad sagedasti väga kohaselt mitmesuguste ärrituste peale. Kogu männi ehitus on kohane kuival elamiseks, orava ehitus on kohane okaspuude otsas jooksmiseks jne. Iga organism on kohanenud oma ümbrusele. Sellest nähtusest kõneldakse sagedasti kui otstarbekohasusest.

Kuid seletus, nagu oleks teatava ehituse tekkimisel või teataval tegevusel iseäralik otstarve ehk eesmärk, toob sagedasti enesega mõistete segiajamist, nimelt loodusele inimese mõttekujutuse omaduste juureluuletamist.

Kui on teatavas liigis mõnel indiviidil ilmunud kasulik omadus (näit. värv jne.), siis andub see omadus pärivuse teel edasi ja isegi kujuneb loomuliku valiku teel veel täielikumaks. Röövik, kellel juhtus olema kõige enam ümbruse sarnane värv ehk kuju, oli kõige enam kaitstud vaenlase silma eest. Valiku teel kujunes kaitsevärv ehk kuju ikka täielikumaks.

Sel viisil võivad tekkida loomadel ja taimedel uued omadused, nad võivad muutuda ja sünnitada uusi liikisid. Aastamiljonite vältusel kestnud valik on suutnud lihtsaist organismidest hoopis teised luua, ehk küll loomulik valik töötab aeglasemalt kui kunstlik.

Nõndaviisi seletab Darwin organismide arenemist loomuliku valiku abil.

Darwini teoorial on ka oma nõrgad küljed. Darwini seletus ei lahenda täielikult kohanemise ehk otstarbekohasuse probleemi. Väikesed muutused kuuluvad nende omaduste hulka, mis pärivuse teel visalt edasi lähevad, hoopis sellevastu — nad kaovad sagedasti niisama kiiresti, kui ilmusidki. Teiseks — kalade elektriorgaanid, näituseks, ja putukate ning teiste loomade valgustandvad elundid, helendusorgaanid, ei võinud neile enne mingit kasu tuua, kui nad täiesti, lõpulikult olid välja kujunenud.

Uute liikide tekkimise võimalusi on ka teistsuguseid, kui eespool seletatud. Kui võetakse kaks taime ehk looma teisendit või sugulast liiki ja pannakse nende kallal ristsigitamine toime, siis saa-

dakse esimeses põlves sagedasti isesuguste tundemärkidega organism — v ä r d. Imelill (*Mirabilis Jalapa*) on kahes teisendis: punaste ja valgete õitega. Punaste ja valgete õitega taimede ristsigitamisel saadakse heleroosa-õieline taim. Aga teises värdade ehk hübriidide põlves ilmub $^1/_4$ taimi valgete, $^1/_4$ punaste ja $^1/_2$ roosade õitega, s. o. ainult poolel osal on värra ehk hübriidi iseloom, teine pool aga on puhastverd. Järgmises põlves annavad värrad uuesti poole osa puhtaverelisi. Nõndaviisi killustub omandatud tundemärk. Värral on nagu tung areneda tagasi puhtavereliseks [1]).

Ristsigitamise juures tuleb sagedamini arvesse võtta mitut tundemärki, mis kummagi vanema juures lahku lähevad. Lahkuminevate tundemärkide pärimisel ilmub, et üks tundemärgi paarist on v a l i t s e v — domineeriv, teine allajääv — retsedeeriv. Halli hiire ja musta hiire sugutamisel sünnivad teises põlves ainult hallid hiired, — hall hiire värv on domineeriv musta kohta. Herneline kuke hari domineerib lihtharja (sakilise) üle, must värv valge üle. Valge hernelise harjaga kuke ja musta lihtharjalise kana järeltulijad pärivad emalt musta värvi ja isalt hernelise harja. Tekib isesugune muudend, kellel on osalt isa, osalt ema tundemärgid. Ka nende värdade teisest põlvest hakkab peale tundemärkide killustumine.

Nõnda siis võib tekkida kahe niisuguse vanema ristsigitamise läbi, kes ainult ühe ehk mõne tunde-

1) Värdadeks kutsutakse organisme, kel m õ l e m a t e vanemate omadused. Neid organisme, kel ainult isa ehk ainult ema omadused, kutsutakse puhastverd esitajaiks.

märgi poolest teineteisest lahku lähevad, uute tundemärkidega ja omadustega esitajad. Kuid need ei ole päris püsivad: osa neist areneb tagasi vanemate kujuliseks. See on n. n. ristsugutamise ehk Mendeli teooria.

On tähele pandud, et mõnikord ilmub isesugune taime või looma teisend järsku, misjuures see oma vanemaist kaunis selgete tundemärkide poolest lahku läheb. Peale selle andub niisugune järsku omandatud tundemärk pärivuse teel edasi järeltulijaile. Sääraseid päritavate tundemärkidega järsku ilmunud teisendid nimetatakse mutantideks; nähtus ise kannab mutatsiooni nime. Mutatsiooni nähtused ei olegi väga haruldased, vaid neid on viimasel ajal kaunis palju kirjeldatud. Mutante on sünnitanud tubakas, oder, türgiuba, hiir, lehm, infusoorid, bakteerid jne. Väga pika, sirge ja siidise villaga lambatõug (Moschani tõug) ilmus 1851. aastal Prantsusmaal. Ilma sarvedeta veiste tekkimisest kirjutab Darwin oma raamatus. 1763. a. ilmus ühelehekeseline maasika mutant (kolmelehekeselise kõrvale). Teda kultiveeritakse nüüdki veel botaanika-aedades. — Üheks harilikumaks mutatsiooni omaduseks on see, et ta ilmestub mõne tundemärgi ärakadumises. Sellepärast ei või nähtavasti mutatsioonidel suuremat tähtsust olla liikide tekkimisel.

Missugusel viisil liigid tekivad, kui palju ükski tegur siin kaasa mõjub, see on üksikasjus veel selgitamata. Väga tõenäitlik on, et liikide tekkimisel on mõjumas mitmed tegurid üheskoos (valik, tegevus, muutused, mutatsioon jne.).

On veel olemas arvamine, mille järele välimised tingimused ei ole põhjuseks organismide kujunemisel. „Ühegi vormi sündi-

misel ei ole midagi ühist ei ümbrusega ega kasulikkusega. Vorm ilmub ilma ümbruse kaastegevuseta. On ta kord ilmunud, siis jääb ta ka alles, kui tingimused kohased" (Morgan). Selle vaate järele tuleb organismide evolutsiooni ehk arenemise põhjusi otsida elusa olluse omadustest, mitte ümbruse mõjust. Ümbrus on ainult kohased vormid teiste vormide hulgast välja valinud. Vormid sünnivad aga sisemistel põhjustel. Peab küll tunnistama, et vormide tekkimisel on mõjuvad sisemised põhjused, kuid teisest küljest peab siiski arvesse võtma, et sisemised muutused olenevad välimistest tingimustest. Isegi aatomite evolutsioon ja lagunemine sünnib ikka teatavail tingimustel. Gaasisarnases udukogus evolutsioneerub aatom. Jahtunud ilmakehas on märgata vastupidist protsessi — aatomi lagunemist. Üheskoos udukogus sünnitavad aatomid teatavad tingimused; nad avaldavad mõju üksteise peale.

Tegelikult on võimata eraldada teineteisest välimiste ja sisemiste tingimuste mõju. Tunnistadeski vaadet, et arenemine on üleüldine mateeria (ka elusa) omadus, ei ole me arenemise seletuses mitte kaugemale jõudnud.

Arenemisviiside üle veel vaieldakse, kuid et organismid on arenenud, see on üleüldiselt tunnustatud asjaolu. Organismid on täienenud.

Sama raamatu esimeses osas jõudsime otsusele, et mateeria on arenenud, evolutsioneerunud. Seega on siis arenemisseadus maksev niihästi anorgaanilise kui ka orgaanilise looduse kohta. Arenemisseadus on maksev kogu looduse kohta. Elusa ja elutuma looduse arenemist ja suurt ühtlust arvesse võttes, tärkab küsimus, et kas ei ole nad teineteisega ka arenemise sidemete kaudu ühenduses. Selle küsimuse selgitamiseks peatame elu tekkimise teooriate juures.

5. Elu tekkimine.

Aastamiljonite vältusel tekkisid lihtsaist olevustest ikka keerulisemad ja keerulisemad. — Me teame,

et elus ollus tekib elutuist ollustest, kuid ainult rohelises taimes päikese kiirte abil. Iseenesest ei sünni elutust materjalist mingisugust elusat organismi, vaid iga elus olevus tekib enesesarnasest[1]). Taimed ja loomad sünnivad munarakkudest või eostest, mis igaüks tekib vastavast organismist. Kõik elusad olevused sünnivad elusaist olevusist, enamasti munarakkudest (*omne vivum ex vivo, omne vivum ex ovo*). Sellele otsusele jõuti lõpulikult alles XIX aastasaja teisel poolel. Leiti, et isegi bakteerid ei teki muidu kui eoste abil. Kohane bakteeride toiduollus, kuhu eosed sisse ei pääse ega ole pääsnud, ei lähe käärima ehk mädanema (Pasteur, Koch).

Et aga oli aeg, mil maakera oli hõõguv tulekuul, mille peal ei olnud elu võimalik (protoplasma jaoks liig kõrge t°), sellepärast peame oletama, et elu pidi teataval ajal maakeral tärkama ja alles siis edasi arenema hakkama.

Panspermiateooria järele on tulnud orgaanilise elu sündimise jaoks tarvilikud eod ehk seemned väljastpoolt maakerale. Nimetatud teooria järele hõljuvad väikeste organismide eod alati igal pool ilmaruumis, täites eluga neile teel ettejuhtuvate planeetide pinda, niipea kui nad tingimusi leiavad, mis organismidele tarvilikud.

Niisugused väikesed ja kerged kehakesed, nagu näit. bakteeride eosed, võiksid õhuvooluste läbi üles kanduda atmosfääri

1) Aristoteles arvas, et ussid ja konnad, isegi mõned linnud sünnivad mudast. See arvamine valitses ka hiljemini, kuni XVII aastasajal Swammerdam ja teised näitasid, et kõik loomad, ka ussid, ei teki isesündimise teel, vaid omasarnastest, vanemaist.

ülemistesse, hõredatesse kihtidesse, umbes saja kilomeetri kõrgusse, kus atmosfääri rõhumine õige nõrk.

Teisest küljest tulevad ses kõrguses ette kiirtesarnaste virmaliste nähtused. Juhtudes siin virmaliste vallas elektri mõjukonda, saab eos, millest praegu jutt, eitava sisu, surutakse teiste osakeste poolt ikka väljapoole ja rändab kaugesse ilmaruumi, selle peale vaatamata, et raskusejõud vastu töötab.

Arvesse võttes päikese kiirte rõhumist, ei ole raske omale ette kujutada niisuguse eose edaspidist reisi. See mikroorganism läheks, valgusekiirte rõhumise alla sattudes, kõige pealt Marsi orbiidist läbi, seejärele väikeste ja välimiste planeetide orbiitidest, lõpuks Neptuuni orbiidist. Nõnda ruttaks ta, päikesesüsteemi piirist üle jõudes, edasi, teiste päikeste süsteemide poole. Rehkenduste järele jõuaks eos juba 14 kuu pärast Neptuuni orbiidist läbi.

Mikroorganismi edasikandmises ühest planeedisüsteemist teise süsteemi, milleks kuluvad mitmed aastatuhanded, tuleb abiks ilmaruumi madal temperatuur. Hirmus külm, mis mõne mikroorganismi eluvõimu ei hävita, paneb peaaegu kõik keemilised protsessid seisma, mille tagajärjel mikroorganism, nagu tarretuses olles ja pealegi õhutühjas ruumis, kahjuta välja kannatab ultraviolettide kiirte mõju, mis harilikkudes tingimustes tapaksid iga orgaanilise elu [1]).

Atmosfäärist läbiminek ja planeedile kukkumine nähtavasti ei räägi mikroorganismi elujõu alleshoidmise võimaluse vastu.

Selle õpetuse järele on elu eod maa peale tulnud mõnelt teiselt ilmakehalt. „Ilmaruum on täidetud

1) Katsete järele, mis Pictet tegi, kannatavad kuivad eosed ja taimede seemned kahjuta ära temperatuuri langemise kuni —200°. Seemned ei kaotanud oma idanemisjõudu isegi pärast 6-tunnilist viibimist vedelas vesinikus (umbes —253° temperatuuris, Duard). Peale selle valitseb õhutühjas ruumis absoluutne kuivus, mis ka aitab eoste eluvõime alal hoida.

sündivate, küpsede ja surevate ilmakehadega; selle juures mõistame küpsede all niisuguseid kehi, mis võivad elusate organismide eluasemeks olla. Seepärast arvame orgaanilise elu maailmas igavese olevat: ta on ikka olemas olnud ja alati siginud elusate organismide näol, rakkude ja nendest kokkupandud indiviidide vormis (Richter)".

Lühidalt ütelda, on selle õpetuse sisu järgmine: orgaaniline elu on — igavene ja kantakse otsatu aja kestusel ühest päikesesüsteemist teise ehk planeedilt planeedile sama päikesesüsteemi piirides.

Kõige pealt peab tähendama, et seda õpetust mitte võimalik ei ole tõendada nende eluidude otsekohese uurimise läbi, mis õhust meie juure tulevad. Neid eluidusid peaks väga harva leiduma ja pealegi peab arvama, et nad on väga üherakuliste eoste sarnased, mis siinsamas maakeral sündinud ja mis hulgakaupa õhus hõljuvad. Seepärast on võimatu tõendada, et mõni eluidu „taevalist" tõugu on. See tõendusevõimatus on hüpoteesile juba suureks puuduseks.

Aga kui me selle teooria järele oletame, et orgaaniline elu on igavene, siis peame oletama, et ka mateeria kui substraat igavene on, — sest orgaanilist elu ilma mateeriata ei ole olemas. Oletades, et mateeria substraadina olemas on, teeksime tühjaks kõige suuremad viimase aja leidused katoodkiirte ja radioaktiivsete kiirte vallas, eitaksime mateeria muutust energiaks, eitaksime seda, mille kohta oleme tõetundmisele jõudnud, nimelt, et mateeriat kui maailma substraati olemas ei ole, et mateeria on ainult energia vorm, enam-vähem kindel, ja et ainult energia on tõesti olemas, ainult tema on — reaalne.

Kui vastu võtaksime selle õpetuse igavesest orgaanilisest elust, siis kaevaksime haua energeetilisele ilmavaatele, s. o. peaksime tunnistama võimatuks energeetilise ilmavaate.

Teiseks, igavese orgaanilise elu teooria ei luba ainult, vaid nõuab evolutsiooniteooria maksvakstunnistamist orgaanilise looduse kohta, aga sama igavese orgaanilise elu teooria ei tunnusta ega võigi tunnustada anorgaanilise olluse evolutsiooni, sest ta tingimuste järele on mateeria igavene, muutumatu.

Aga praeguse aja evolutsiooniteooria tunnistab evolutsioonilise õpetuse maksvaks mitte ainult orgaanilise looduse kohta, vaid nõuab niisamasugust maksvakstunnistamist ka anorgaanilise looduse kohta. Tähendab, see teooria ei käi praeguse aja teadusega enam kokku.

Kolmandaks, võiks uskuda, et orgaaniline elu küll võib ühelt planeedilt teisele pääseda, aga niisugune võimalus ei ole kogunisti mitte selle teooria tõenduseks, et orgaaniline elu igavene on.

See oletus orgaanilise elu igavesusest on nimetatud teooriale (elu viimine planeedilt planeedile) ainult ülearuseks lisanduseks. Tõendades, et orgaaniline elu igavene on, tõendame, et ta ikka on olnud ja ikka saab olema. Aga planeet võib ära jahtuda, nõnda et orgaaniline elu peab sealt ära kaduma. Kui see nõnda on, miks ei või ta siis ära kaduda kõigilt planeetidelt? Kui ta aga kord juba võib ära kaduda kõigilt planeetidelt, siis ei ole ju igavese orgaanilise elu teooria midagi muud, kui paljas mõttekujutus, mil loogiline järjekindlus puudub.

Ei ole mingit põhjust arvata, et ta ei võinud

isesündivalt ilmuda maakeral, kui ta kord võis ilmuda mõnel teisel planeedil.

Ongi püütud seletada, kuidas võis tekkida elu maakera peal isesündivalt. Elu võis tekkida alles siis, kui maakerale oli koor ilmunud ja veekogud tekkinud, sest kõrges temperatuuris on võimata säärane protoplasma olek, mis on tarvilik elamiseks. Esimesed elusad olevused tekkisid mere põhjas, sest kuival maal elamiseks peab organism veel iseäraliselt kohanenud olema. Alguses pidid tekkima aga kõige lihtsamad olevused. Kõige lihtsamad olevused elavad aga vees. Ilma veeta ei saa ju olla elu. Organismid võisid alles siis maapinnale kasvama asuda, kui nad omandasid kaitseabinõud ärakuivamise vastu.

Elu tekkimist arvatakse võimalikuks, kuid seks pidid olema iseäralised tingimused, isesugune arenemiskäik. On loodud hüpotees, mis kaunis tõenäitlikult püüab seletada elusa olluse tekkimist (Pflüger). Selle ettekujutuse järele on protoplasmas olemas tsüaan-ühendused, süsiniku ja lämmastiku (CN) ühendused. Tsüaan-ühendused on ebatasakaalus ehk ebapüsivad ollused, nagu protoplasmagi. Nad muutuvad ja reageeruvad kergesti teiste ollustega, mispärast nad ongi kohased elutegevuse kandjaiks ühendusiks. (Näituseks, tsüaanhape laguneb ammoniakiks ja süsihapuks gaasiks harilikus temperatuuris: $HCNO + H_2O = NH_3 + CO_2$).

Katseliselt on kindlaks tehtud, et CN ühendused sünnivad kõrges temperatuuris (valge hõõguse temperatuuris). Sel ajal, kui maakera oli hõõguv kuul, võis sündida tsüaan, sest siis olid olemas süsinik ja lämmastik. Arvatavasti pididki nad sündima, sest olid ju siis olemas kõik kohased tingimused. Hiljemini sünnitas tsüaan mitmesugused teised ühendused, millest viimaks ühenduses veega ja teiste ollustega tekkis elus ollus.

Seejärele peame tunnistama, et arenemine on olnud alalõpmatu. Udukogust, milles olid kerge aatomikaaluga elemendid, kujunes hõõgkuum maakera (osana päikesesüsteemist) raske aatomikaaluga elementidega. Jahtuval maakeral tekkis neistsamust elementidest, mis olid sündinud, elus ollus, mis jätkas elutu olluse arenemist ehk evolutsiooni. Elu

arenemine on mateeria arenemise järg. Sellepärast ongi mõnikord raske vahet teha eluavalduste ja elutu mateeria muutuste vahel.

6. Mõnda teaduse ajaloost.

Inimene õppis oma ümbrust tundma juba sellest ajast saadik, millal ta ilmus niisugusena maakera pinnale. Ütlemata väikesed olid ta teadmised, vähe sai ta aru nähtuste põhjustest ja tingimustest. Pikkade aastatuhandete jooksul õppis ta tundma tulekivi omadusi, õppis tema teravaid ääri kirvena tarvitama. Palju kulus õppimistööd, enne kui ta oskas kividest ilusaid lihvitud kirveid välja raiuda, neile auku sisse puurida ja vart taha teha. Selle aja inimese õppimine oli enamasti juhuslik. Need leidused tegi ta järk-järgult töötamise juures. Sel ajal puudus igasugune järjekindel õppimine, järjekindel uurimine.

Metallide ülesleidmisega õppis inimene neid tarvitama. Nende tähtsus oli ülisuur. Nende abil suutis inimene kergema vaevaga tarberiistu valmistada. Ta muutus ilma valitsejaks, sest tema riistade vastu ei suutnud enam ükski loom võidelda.

Ikka enam ja enam areneb inimene. Ta õpib põldu harima, karja kasvatama, majasid ehitama. Hiljemini õpib ta kirjamärkisid tarvitama. Neis toimetustes õppis inimene mitmesuguseid asjade omadusi põhjalikumalt tundma.

Ajaloolistel aegadel olid kultuurikandjate rahvaste teadmised juba kaunis laialdased. Nad ei leppinud enam üksi sellega, mis nad oma ümbrusest teadsid, vaid hakkasid järele mõtlema kõiksugu teiste, eemalolevate asjade ja nähtuste üle. Nad hakkasid ümbritsevate nähtuste põhjusi otsima.

Teaduste arenemiskäiku võib tähele panna üksikasjalisemalt greeklastest peale. Kuus-, seitsesada aastat enne Kristust kujutasid greeklased maakera tasapinnana ette, mitte kerakujulisena. Päikest pidasid nad jumaluseks.

Taevakehad pööravad eneste peale selleaegse inimese tähelepaneku. 640. a. e. Kr. õpetab Thales, et päike ja tähed ei ole jumalused, vaid seisavad koos põlevast ollusest. Ta teadis, et kuu saab oma valguse päikeselt (peegeldus!). Anaximandros

(610. a. e. Kr.) valmistas päikesekella ja sai aru, et kuu faasid ehk nähted sünnivad kuu liikumisest ümber maakera. Pythagoras (566.—470. a. e. Kr.) jõuab otsusele, et maakera ei seisa paigal. Limuliste karpide leidmist kaugel eemal merest maa sees seletas ta sellega, et endistel aegadel oli neil kohtadel meri asunud. Anaxagoras (499.—322. a. e. Kr.) suutis kuu peal tähele panna mägesid, ehk siis küll alles puudus teleskoop. Ta seletas päikese varjutamise õieti ära. Ka Aristoteles (sünd. 384. a. e. Kr.) tegi palju tööd astronoomia alal, kogudes ja võrreldes enne teda loodud arvamisi. Tema oli esimene, kes kindlad põhjendused leidis enne teda tekkinud arvamistele, et maakera on ümmargune. Ta õppis tundma loomi ja taimi ning kogus neid. Ta jõudis arvamisele, et loomad on taimedest vähem arenenud. — Ka kolmandal aastasajal e. Kr. tehti tegemist astronoomiliste küsimustega. Aristarchos tegi sel aastasajal leiduse, et maa liigub päikese ümber. Enne teda arvati, et päike ja tähed liiguvad ümber maakera. Tema õpetus unus, nõnda et alles üle 1700 aasta hiljemini tuli Kopernikus'el see uuesti leida. Archimedes (sünd. 287. a. e. Kr.) teeb tähtsa leiduse: kangi- ehk vinnaseaduse. Tema leidis ka füüsikas tuntud Archimedes'e seaduse. Inimese kehaehitusest olid greeklaste teadmised sel ajal väga väikesed. Erasistratos ja Herophilos (kolmandal aastasajal enne Kr.) hakkasid esimestena inimese keha lõhki lõikama. Nad kirjeldasid kehaosasid, andsid neile nimed jne. Erasistratos leidis, et me tunneme aju abil ja et tunded — ärritused tulevad ajuni erkusid mööda. Herophilos leidis künnapud, kõõlused ja kontide sidumise viisid üles. Eratosthenes (sünd. 276. a. e. Kr.) rehkendas päikese kõrguse vahe järele Aleksandrias ja Sieenes maakera suuruse välja. Hiljemini õpitakse enam tundma geograafiat (Ptolemäos, Strabon). Ptolemäos kujutab ette, et tähed, kuu ja päike liiguvad maakera ümber. Galenos (sünd. 131. a. p. Kr.) töötas anatoomia ja arstiteaduse alal. Ta tegi vahet tunde- ja liigutuserkude vahel. Ta näitas, et keha soontes sisaldub veri. Galenos töötas välja arstimisteooria. Tema teooria järele töötasid arstid paljude aastasadade kestusel.

Neid andmeid tähele pannes märkame, et kulus üle 700 aasta ära, enne kui greeklased suutsid kindlaks määrata mõned neist tõsiasjust, mis meil juba kooli esimestes klassides teada.

Hiljemini, pärast roomlaste võitusid greeklaste üle, ei ilmunud võidetud teadustele midagi uut juure. Teadusline töö kestis edasi peaasjalikult Aleksandrias. Seal tehti tegemist matemaatikaga ja geograafiaga, isegi araablaste ajal.

Keskaeg tõi teaduse salvedesse väga vähe uut. Sel ajal valitsesid kõiksugu ebaarvamised, ebausk oli õitsel. Sõjad ja tülid ei lasknud teadust areneda. Ära unustati paljud neistki teadmistest, mis greeklased kogunud. Ainult vähesed tegid teadusega tegemist, suur enamus elas looduse nähtuste kohta kõige muinasjutulisema arusaamisega. Vähe mõisteti nähtuste üle arvustavalt ja kaaluvalt otsustada. Teaduste edasielamiskohtadeks olid peaasjalikult kloostrid.

Araablased õppisid tundma Greeka teadust. Iseäranis huvitas selleaegseid teadlasi kividest ehk mineraalidest metallide saamine. Usuti, et on võimalik teisi metalle ehk olluseid kullaks muuta. Usuti, et on võimalik valmistada „tarkade kivi", millega võib muuta teisi metalle kullaks. Taheti leida „elu eliksiir", mis pidi võimaldama igavese nooruse. „Elu eliksiiri" ja „tarkade kivi" otsimisel tehti mitmesuguseid leidusi keemia alal. Õpiti tundma destillatsiooni, kangeid happeid (Dschabir, sünd. umbes 830. a.).

Alhazen (sünd. 1000. a. p. Kr.) seletas, mispärast suurendab kumer klaas. Ta leidis valguse refraktsiooni nähtuse üles. Bacon (sünd. 1214. a.) seletas vikerkaare põhjuse. Ta valmistas esimesena Euroopas püssirohtu. Gioja (1300) loetakse kompassi tarvituselevõtjaks. Gutenberg leidis trükkimisviisi üles, mis kergendas teadmiste edasiandmist. 1455. aastal valmistati esimene trükitud piibel.

Elavamalt hakkab teadus edenema alles uue aja algusel, mil inimesed võisid hakata vabamalt mõtlema, mil ei olnud ebausu ja inkvisitsiooni valitsus enam nõnda suur.

Kopernikus (1473—1543) teeb ülesleiduse taevakehade liikumise kohta. Gilbert (1540—1603) püüab seletada elektri tekkimise nähtust, mis oli juba greeklastel teada. Ta leidis, et elekter sünnib mitmesuguste asjade hõõrumisel. Seega oli alus pandud elektri edaspidisele uurimisele. Cesalpini (1583) seletab õite tähenduse, milles olemas ainult tolmukad.

XVI aastasajal hakkavad teadlased juba iseseisvalt edasi

uurima, ega korda enam ainult seda, mida greeklased teadsid, nagu see sündis keskajal.

XVII aastasajal areneb hoogsalt astronoomia. Galilei (1609—1642) hakkas tarvitama teleskoopi ja tegi sellega rea ülesleidusi planeetide kohta. Tema pani ka tähele päikese plekkisid. Kepler (1571—1630) teeb kindlaks taevakehade liikumise seadused. Newton leiab 1666. a. külgetõmbumise-teooria üles ja seletab sellega taevakehade liikumist.

1619. a. teeb Harvey kindlaks, et veri voolab soontes ringi (verevoolu ringid). Torricelli (1644. a.) valmistab baromeetri. — Selsamal aastasajal hakatakse tarvitama termomeetrit. Guericke (1650) valmistab õhupumba ja esimese elektrimasina (1672). Malpighi (1661) hakkab mikroskoopi tarvitama ja õpib tundma organismide peenemat ehitust. Seega oli tähtis alus pandud elusate olevuste peenemale uurimisele. XVII aastasajal tehakse veel rida ülesleidusi valguse alal. Sel aastasajal juhiti juba tähelepanekut selle peale, et looduse tundmaõppimisel peab aluseks olema katse. Paljud endised teadlased tahtsid kõike teada saada mõtlemise teel ja lihtsa vaatlemise abil, nagu ka Greeka filosoofid.

XVIII aastasada tõi teadusesse palju uudist juure; tekkisid suured teaduseharud, mis enne puudusid, ja laienesid endised.

Täheteaduses teeb Herschel 1786. aastal udukogude vaatlemisest tähtsa otsuse, et taevakehade sündimise algus hakkab udukogust peale, et taevakehade sündimine kestab ikka edasi meie silmade ees.

Füüsikas tehakse suuri edusamme hääle, soojuse ja elektri õpetuses. Leiti, et hääl on võbisemiste tagajärg. Õpiti õhuvõbisemisi määrama. Leiti üles, missugune jõud peitub soojuses, ja hakati seda kasustama. Watt (1736—1819) valmistas, selle järele kui oli auru jõud tundma õpitud, aurumasina, mille tähtsus on praeguses kultuuris ütlemata suur. Seega sundis inimene auru enese kasuks töötama. Avanes võimalus ehitada hiiglavabrikuid, mis masinate abil määratu suurt tööd teevad. Masinate abil valmistatakse kõiksugu tarberiistu, riideid, laudu, pekstakse rehte, sõidetakse ühest kohast teise jne. Aur võimaldas tööstuse kiire arenemise, mis omasoodu jälle teadusliste riistade valmistamisele kasuks tuli. Franklin (1706—1790) teeb rea ülesleidusi elektri

põllul. Ta püüab pikset taevast alla tuua. Ehk küll teised selle üle naersid, jõudis ta ometi eesmärgile. Ta valmistas piksevarda. Franklin leiab, et elektrit võib saada elementide abil (2 metalli — happesse), et elektrit võib juhtida traati mööda. Seega olid elektri omadused tundma õpitud, kuid tegeliku tarvitamise oskus ilmus alles hiljemini.

Keemias õpitakse tundma gaase. Leitakse üles vesinik[1]), hapnik[2]) ja lämmastik[3]). Lavoisier (1778) teeb tõeks, et põlemine, roostetamine ja hingamine on ühinemine hapnikuga. Keemia arenes selle aastasaja jooksul üleüldse õige palju. Hakati reageerivaid olluseid rohkusliselt (kaalu järele) määrama. Õpiti isegi gaasisid üksikasjaliselt tundma ja kaaluma.

Geoloogilised teadmised olid XVIII aastasaja algul õige väikesed, kuid sel aastasajal jõuti uuesti otsusele, et kivistused on endisel ajal elanud loomade jäänused. Hakati üksikuid kihte ja nende kivistusi uurima.

Bioloogilised teadused edenesid XVIII aastasaja jooksul õige palju. Tutvuti täielikumalt anatoomiaga, pandi alus võrdlevale anatoomiale, s. o. teadusele, mis võrdleb iga orgaani looma kehas teiste loomade samasuguste orgaanidega. Teadmisi taimede ja loomade kohta oli kaunis palju kogutud. Materjali tundmaõppimiseks oli tarvis kõik teadmised korda ehk süsteemi seada. Organismide tundmaõppimise kergendamiseks lõi Linné loomade ja taimede süsteemi, andes neile liigi- ja perekonna-nimetused ning ühendades neid suuremaisse üksustesse (Systema Naturae, 1768. a.). Linné klassifikatsioon on loodud ainult üksikute tundemärkide põhjal, mispärast ta kunstlik on. Õistaimed, näituseks, liigitas ta tolmukate arvu järele. Nõndaviisi sattusid ühte perekonda isegi niisugused taimed, mis muidu üksteisele vähe sarnased olid. Nõndaviisi sattus kõrrelistest maarjahein, mailaselistest mailased ja huulõielistest salveid ühte klassi, ehk neil küll muidu on vähe sarnasust (ainult igaühel 2 tolmukat).

Tehti palju tähtsaid mikroskoobilisi uurimisi.

Tehti kindlaks, missugused elemendid on organismide koosseisus. Haller (1708—1777) tegi kindlaks, et lihas tõmbub

---

1) Cavendish 1766. a.
2) Priestley 1774. a. ja Scheele 1775. a.
3) Rutherfurd 1772. a.

kokku. Enne seda valitses arvamine, et ergud kisuvad lihaseid kokku. Bonnet tegi katseid taimede heliotropismi selgitamiseks. Ta leidis ka, et madalamail loomadel regenereeruvad orgaanid palju kergemini kui kõrgemail, keerulisemail. Vihmussi sabaots võib luua uue pea, salamander uued jalad ja saba. Bioloogiliste teaduste kohta ilmus juba suur hulk raamatuid, mis võivad sünnitada terve raamatukogu. Tähelepanemis-väärt leiduse tegi Galvani. Ta leidis, et konna jalaerku võib ärritada elektrivoolu abil. Edasi leidis ta veel, et loomas eneses (lihases) sünnib elektrivool. Talle vaidles vastu Volta, tõendades, et organismis ei sünni elektrivoolu. Kuid Galvanil läks korda siiski oma arvamist tõestada (1789—1798). Ligi kolmkümmend aastat pärast Galvani surma (1798) ei tehtud enam tegemist loomalise elektriga. XIX aastasajal on loomade ja taimede elektri uurimises palju uudist leitud, millest osalt juba on räägitud.

Iseäranis jõudsate sammudega edenes teadus XIX aastasajal, mil tehti rida suuremaid ja ka palju vähemaid leidusi ning süvendati mitmesuguseid teaduseharusid.

Eelmisel aastasajal ülesleitud ilmakehade liikumise seaduse põhjal oli XIX aastasajal võimalik planeetide teid täpipealt välja rehkendada. Kui aga väljarehkendatud tee ei vastanud täielikult tõele, siis teati, et põhjuseks on mõne teise ilmakeha külgetõmbamis-jõud. Niisuguse rehkenduse põhjal jõudsidki Adams ja Leverrier (1843—1846) otsusele, et Uraani tee peale avaldab mõju tundmata planeet. Nad rehkendasid selle uue planeedi koha välja ning tõepoolest leitigi selle järele uus planeet üles, mis nimetati Neptuuniks. Niisamasugusel alusel leiti varemini (1801—1807) ka asteroidid üles. Tehti kindlaks, missuguseid teid mööda liiguvad komeedid ja meteoorid.

Valguses tehakse mitmesugused tähtsad ülesleidused (valguse interferents, Young 1801. a.; valguse polarisatsioon, Malus, 1808. a.; spektraalanalüüs). Aastasaja esimesel poolel õpiti tundma spektrumi omadused, mille juures iseäranis suured teenused on Frauenhofer'il. Ta leidis, et päikese spektrumis on palju musti jooni. Selle nähtuse põhjuse seletasid Bunsen ja Kirchhoff 1861. aastal seega, et valguse kiired tulevad helenevalt päikeselt läbi päikese atmosfääri, kus on gaasid, mis teatavaid valguse kiiri kinni peavad (ära neelavad). Teada oli aga, missugune gaas

missuguseid kiiri neelab, ning seega oli võimalik kindlaks määrata, missugused gaasid on päikese ja teiste ilmakehade atmosfääris. Sel viisil leiti, et ilmakehadel on vesinikku, naatriumi, magniumi, kaltsiumi, rauda, antimooni, bismuuti, elavhõbedat, vaske, tsinki, alumiiniumi, süsinikku jne. Ühe sõnaga, leiti, et ilmakehadel on neidsamu elemente, mis maakeral.

XIX aastasaja viiekümnendail aastail jõuti soojuse uurimise tagajärjel energia alalhoidmise seaduseni (Mayer, Joule, Hirn, Helmholtz). Üks energia vorm võib muutuda teiseks (elekter valguseks, soojuseks jne.), kuid seejuures ei kao energiat sugugi ära. Mitmesugused energiad muutuvad võrdlemisi kergesti soojuseks. Viimasel on aga tung ruumis ühetasaselt laiali laguneda.

Paljude uurijate tegevuse tagajärjel (Joule, Andrews, Clausius, Maxwell, Boltzmann, Helmholtz, Thomson) loodi gaaside molekulaarteooria. Selle teooria järele seisavad gaasid koos moleküülidest, mis on alalises liikumises. Gaasi moleküülid põrkuvad kokku üksteisega ja vastu seinu. Sel viisil avaldavad gaasid rõhumist seinte peale. Kui gaasi temperatuur tõuseb, siis liiguvad moleküülid kiiremini, ajaüksuses põrkab enam molekküle vastu seina ning seepärast rõhub soendatud gaas suurema jõuga kui jahe. Uurimisel saadud andmete põhjal arvati isegi välja, kui suur on üks moleküül.

Davy (1778—1829) leidis 1806. a., et elektri abil võib vett hapnikuks ja vesinikuks lahutada (elektrolüüs). Pärast seda hakkas ta katsuma elektrivoolu mõju potassi, sooda ja teiste olluste peale. Voolu läbi sula potassi lastes sai Davy hõbedased kuulikesed, mis põlema hakkasid või valge ollusega kattusid. See oli kaalium. Soodast valmistas ta samasugusel teel naatriumi. Sel viisil lahutas Davy potassi ja sooda ära K, Na ja CO_2. Sinnamaani peeti neid olluseid lihtollusteks. Samal viisil lahutas ta ka veel teisi olluseid (lupja, magneesi jne.). Elektrolüüs aitas palju kaasa olluste koosseisu selgitamisel.

Dalton (1767—1844) tegi kindlaks, et iga keemiline liitkeha seisab alati ühtedest ja neistsamust elementidest koos, misjuures viimased on ühinenud ikka ühes ja sessamas proportsioonis. Seda nähtust nimetatakse kindlate suhete seaduseks. Tema leidis ka, et kui üks ollus annab teisega kaks ehk enam ühendust, siis on esimese ollusę kaalulised hulgad teise vastu

lihtsas proportsioonis, nagu lihtarvud 1 : 2 : 3 : 4 jne. See on kordsete suhete seadus. Nende seaduste põhjal sai võimalikuks kõigi keemiliste olluste koosseisu täpipealt ära määrata. Oma seaduste seletamiseks lõi Dalton veel atomistilise teooria. Aatomitel on oma kindel kaal, igal elemendil isesugune. Selle järele ühineb ühe elemendi aatom kas ühe, kahe või rohkema teise elemendi aatomiga (kordsete suhete seadus).

Faraday muutis 1823. a. kloori vedelikuks. Kuid teisi gaase ei suudetud esialgu mitte vedelikuks teha. Seda seletati asjaoluga, et nende gaaside temperatuur on üle „kriitilise punkti". Alles 1877. a. muutsid Cailletet ja Pictet, eraldi teineteisest, hapniku vedelikuks, misjuures nad tarvitasid suurt rõhumist ja madalat temperatuuri. Hiljemini muutsid nad ka lämmastiku, vesiniku ja õhu vedelikuks (Cailletet). 1878. aastal sai Pictet vedelast vesinikust joa, mis osalt kindlaks muutus. Need katsed näitasid, et puudub sisuline vahe aurude ja gaaside vahel, et iga ollus võib olla kolmes seisus, kui selleks on ainult kohased tingimused olemas.

1828. aastal valmistas Wöhler anorgaanilistest ollustest kusiolluse. Seega oli näidatud, et ka neid olluseid, mis organismides leiduvad, võib valmistada sünteetilisel teel. Sest ajast peale areneski orgaanilise keemia tundmine õige edukalt. Iseäranis tähtsat osa etendas seejuures Liebig (1803—1873). Ta uuris, missugust mõju avaldab taime kasvu peale, maapinna keemiline koosseis, missugune väetis on kõige kohasem jne. Ta õppis ka tundma muutusi, mis inimese kehas toiduollustega toimuvad. Orgaanilise keemia tundmaõppimise järele võidi juba teadlikult seletada arstirohtude mõju, toiduolluste muutusi jne. Seega oli arstiteadusele võidetud tarviline alus. Keemia ja füüsika arenemine tegi võimalikuks organismides tegutsevaid keemilisi ja füüsilisi protsesse ligemalt tundma õppida.

1800. aastal näitas Volta, et kui kaks mitmesugust traadiga ühendatud metalli happesse paigutada, siis ilmub elektrivool (Galvani vool), mis läheb ühe metalli juurest teise juure. Sel alusel ehitati hiljemini terve rida mitmesuguseid elemente. Oersted leidis (1819), et elektrivool avaldab mõju magnetnõela peale, pöörates viimast teatava nurgani voolu sihiga võrreldes. Seega tekkis arvamine, et elektrivoolul ja magnetijõul on suur sarnasus ehk ühine side. Ampère (1820) tegi kindlaks, kuidaviisi pöördub

magnetinõel mitmesuguses sihis mineva elektrivoolu juures. Tema näitas ka, et traadid, mida mööda vool kulgeb (edasi läheb), on nagu magnetid. Kui vool kulgeb kõrvutiolevaid traate mööda ühesuguses sihis, siis tõmbuvad traadid teineteisele ligemale, voolude vastupidises sihis mineku korral tõugatakse nad teineteisest eemale (magnet!). Terase ehk raua ümber keerutatud traadist elektrivoolu läbi lastes sai Ampère magneti (elektrimagneti). Voolu katkestamisel kaotas raud kohe magneti omaduse. Tehti ka kindlaks, et magneti abil võib elektrivoolugi sünnitada (Faraday). Selleks tarvitseb isoleeritud traadist rulli õõnsusesse magnet tõugata ehk sealt välja tõmmata. Mõlemail kordadel tekib traadis vool. Seebeck leiab (1822. a.), et ka soojust võib elektriks muuta. Ta jootis kaks metalli tükki (vask ja antimoon) mõlemaid otsi pidi ringikujuliselt kokku. Kui ta nüüd üht jootmiskohta soendas, siis võis ta magnetinõela abil kindlaks määrata, et läbi rõnga läks vool. Elektrivoolu mõju abil magneti peale sai võimalikuks märkisid traadi läbi isegi kaugemale edasi anda. Elektrivoolu traadist ühes või teises sihis läbi laskmise korral tegi traadi ligi olev tundlik magnetinõel vastavaid liigutusi (Wheatstone ja Cooke, 1837. a.). Tingimisi anti magnetinõela liigutustele teatavad tähestiku märgid, ning nõnda oli võimalik nõela liikumiste järele sõnu kokku seada ja lauseid luua. See oli telegraaf. Hiljemini leiti üles telegraafi kirjutusmasin (Morse, 1836), mis praeguselgi ajal tarvitusel. Natuke varemini leiti ka telefon üles. Need leidused laiendasid märgatavalt elektri tegelikku tähtsust, mis ilma selletagi suur on (valgus, jõumootorid).

Organismidesse puutuvad teadmised edenesid XIX aastasaja jooksul õige palju.

Alles Sprengel (1750—1816) tegi ülesleiduse, et putukad kannavad, õitelt mett otsides, õietolmu ühelt taimelt teisele, edendades nõndaviisi risttolmutamist. R. Brown uuris üksikasjalisemalt (peaasjalikult mikroskoobiliselt) õie-emaka sõlme ehitust ja seemne kasvamist ning nende ehitust. Protoplasma ülesleidjaks ja tema tähenduse äramäärajaks oli H. v. Mohl (1853. aastal). Pärast seda määrasid keemikud protoplasma koosseisu kindlaks.

Cuvier (1769—1832) kogus ja täiendas väga rikkalikult võrdleva anatoomia materjali. Ta näitas, et iga looma kehaosa on nõnda teiste kohase ehitusega, et kui anatoomi kätte juhtub ainult

mõni kont, siis võib ta nende järele ütelda, missugused on teised luud. Ta õppis tundma peale praeguse ajajärgu loomade luude ka väljakaevatud loomade konta. Nende järele jõudis Cuvier otsusele, et endisel ajal on teistsugused loomad elanud. Niisugune järeldus paistis esialgu hoopis uskumatu olevat.

Geoffroy Saint-Hilaire (1772—1844) juhib tähelepanekut selle peale, et loomadel on ühed ja needsamad orgaanid, tegevuse kohaselt on nad ainult mitmeti muutunud. Elevandi lont on pikaks muutunud nina, inimese käsi, hobuse jalg ja nahkhiire tiib on üks ja seesama orgaan, neis on ühesugused luud, kuid ülesanne on neil mitmesugune. G. Saint-Hilaire ja Lamarck (1744—1829) olid esimesed, kelle töödes on leida põhjendatud arvamisi loomade ja taimede arenemise kohta. Lamarck'i seletus, et arenemine sünnib tegevuse tagajärjel, leidis vähe tähelepanekut. Ka Baer (1792—1876) oli arvamisel, et organismid on arenenud. Baer on tuntud peaasjalikult oma embrüoloogiliste tööde poolest. Ta õppis tundma, kuidas areneb kanapoeg munas haudumise algusest kuni lõpuni. Ta õppis tundma teistegi loomade kasvamist emaihus või munades. Baer oli embrüoloogiale aluse panija [1]).

Arenemisõpetusele pani kindla aluse alles Darwin (1809—1882), sest ta tõestas arenemist rikkaliku materjali abil ja lõi ka seletuse, mil viisil on organismid arenenud. Darwini õpetus on XIX aastasaja bioloogilistes teadustes kõige suuremaks sündmuseks. Arenemisõpetus muutis väga tunduvalt teadlaste vaateid, määratu suur hulk fakte leidis valgustust ühest kindlast seisukohast. Arenemisõpetus avaldas mõju iga teisegi teaduse peale.

Arenemisõpetus seletas ära, miks on organismid kohanenud tingimustele. Seepärast said kohanemisnähtused looma- ja taimeriigis ühise põhimõtte; oli huvitavam uusi fakte juure koguda kohanemisalalt. Suures loomade ja taimede mitmekesisuses aitas evolutsiooniõpetus leida ühiseid tundemärke, sidus mitmesuguste loomade liikisid arenemise mõttega.

Taimi ja loomi ei liigitatud enam üksikute väliste tundemärkide järele, vaid püüti kindlaks teha, kuidaviisi on arenemine läinud, missugused loomade ehk taimede sugukonnad jne. on tea-

1) Baer on töötanud Tartus. Doome mäel seisab ta ausammas.

tavast sugukonnast välja arenenud. Liigitati siis organisme sugulussidemete põhjal. Nõnda loodi loomulik organismide süsteem (Owen, Huxley, Baer, Gegenbaur, Haeckel).

Peaasjalikult XIX aastasajal õpiti tundma, missugused energia vormid on tegevad organismides, õpiti üksikasjaliselt analüseerima mitmesuguseid olluste ja energia muutusi organismis, tehti leidusi ärritatavuse alal jne. Uuriti üksikasjalisemalt kõiksuguste organismide ehitust, tegevust, nende eluviisisid ja loomusundisid. Uuriti merepõhja elu, elu metsas, aasal, järves, jões; leiti parasitismiнähtusi ja õpiti parasiitide elukäiku tundma; sümbioos ja mitmesugused teised organismide vahekorrad olid tähelepaneku objektideks.

Kõigi nende nähtuste kohta on kogutud nõnda palju üksikasju ja on töötanud nõnda palju teadlasi, et ei ole kerge kõiki üksikasju ja teadlasi isegi nimetada. Teadmised kasvasid nõnda suureks, et üksik inimene suudab teadusest ainult üht väikest osa vallata.

Arenemisõpetusele suureks toeks oli geoloogia arenemine. Lyell (1797—1875) näitas, et endised arvamised geoloogilistest katastroofidest, suurtest järskudest muutustest ei ole tõe põhjal, vaid et maakera areneb aegamööda, ilma iseäraliste katastroofideta. Aegamööda tekivad lademed mere põhjas ja teistes veekogudes; otse nõnda on nad ka endistel aegadel sündinud. Tehti kindlaks, et maakeral on olnud kord jää-aeg (Agassiz, 1807—1874). Leiti geoloogilistes lademetes eelajaloolise inimese luid (1847) ühes niisuguste loomade luudega, kes praegusel ajal enam ei ela. Eelajaloolise inimese ränikivist tehtud riistad leidsid sest ajast peale enam tähelepanekut. Helveetsias leiti järvedest vai-elumajade jäänuseid (1853), kus oli ka mitmesuguseid endise aja inimese tarberiistu. Seega edenes eelajaloolise inimese tundmaõppimine õige hoogsasti.

Õige suure tähendusega on Pasteur'i (1822—1895) ülesleidused, mis panid aluse bakterioloogiale. Ta näitas, et käärimist ehk mädanemist sünnitavad väikesed mikroorganismid. Pasteur näitas (1860—1864), et bakteerid ei teki isesündimise teel. Väga suure tähtsusega sündmuseks oli 1879. aastal kaitserõugete-panemise viisi leidmine. Kaitserõuged on nüüdsel ajal arstiteaduses õige suure tähtsusega. Pasteur soetas ka marutõve arstimise viisi.

Kahekümnenda aastasaja lävel tehti mitmed tähtsad leidused füüsikas; need on: Röntgeni kiired (1895), radioaktiivsus (1896) ja traadita telegraaf (1897).

Seega näeme, et teadus on kasvanud järk-järgult. Tuhandete teadlaste hoolsa töö tagajärjel on ta senise kõrguseni jõudnud. Hoolikalt tehakse katseid, — muudetakse nähtuse tingimusi ja vaadeldakse, mis on selle tagajärjed.

Ka teadus areneb.

„Oleme osake maailmast, oleme kõvasti ta külge seotud, temast tulevad kõik meie rõõmud ja mured. Meisse on istutatud tugev püüdmine parandada oma olemise tingimusi, kõrvaldada neid kannatusi, hädasid, füüsilisi ja vaimlisi puudusi, mida meie elu tänapäevani täis on. Peame ennast maailma kohaselt ja maailma oma kohaselt varustama; aga selleks on tarvis, et me temas võimalikult hästi orienteeruda oskaksime, teda tunneksime. Selles seisabki teaduse bioloogiline ülesanne (V. Sharvin)."

Lõppsõna.

Käesolev õpiraamat on suurel määral üles ehitatud M. Univeri varemini ilmunud „Bioloogia“ alusele, mis oli määratud laiematele ringkondadele lugemiseks. Esimene raamatu osa — anorgaaniline loodus — on peaaegu muutmata jäänud. Teises osas on võrdlemisi vähe muutusi ette võetud peatükkides „Rakk kui eluüksus“, „Elu arenemine“ geoloogilises osas ja panspermiateoorias. Teised peatükid on osalt palju muudetud, osalt uuesti kirjutatud, kuna mõned peatükid kas hoopis või suuremalt osalt välja jäid.

Käesolev õpiraamat läheb märgatavalt lahku tavalistest sellekohaseist õpiraamatuist: ta käsitleb ka anorgaanilist loodust ja selle arenemist ning kannab rohkem üleüldist ja ühtlustavat laadi kui harilikult. Autorite arvates on niisugune laiem (orgaanilise kui ka anorgaanilise looduse) ühtlustamine ülitarvilik loodusteadusliku ilmavaate sünnitamisel ja süvendamisel.

Alles töö juures ilmus, et õpiraamatuks kohasekstegemiseks ettevõetud täiendused ja muudatused, mille kallal oli aega töötada peaasjalikult A. Audova'l, oleksid võinud kaugemalegi ulatada, kuid autorid arvasid siiski võimalikuks edasi töötada alustatud sihis ning ajanappusel töö kiires korras lõpule viia,

lootuses tarvilisi muudatusi järk-järgult ette võtta, nagu see on loomulik täiendumise teel. Täiendumise lõppsaaduste ootamajäämise korral peaksid meie koolid veel kaua kannatama tööd-halvava õpiraamatute puudumise all. Muutunud tingimustele ja kavadele kohanemine ei saagi sündida üle öö.

Joonistuste muretsemise raskuste tagajärjel on mõne peatüki käsitlemine kannatanud, kuid seda puudust on tehnilisil ja ainelisil põhjustel võimalik alles järgmises trükis kõrvaldada.

Ümbertöötamisel on tarvitatud järgmisi allikaid: Dr. O. Rabes und Prof. E. Löwenhardt, „Leitfaden der Biologie“ 1910, Dr. P. Brohmer, „Allgemeine Naturgeschichte“ 1919, W. Sedgwick und E. Wilson, „Einführung in die allgemeine Biologie“ 1913, Итоги науки, подъ ред. проф. М. М. Ковалевскаго, Н. Н. Ланге, Н. Морозова и О. М. Шимкевича, кн. XIV ja XVII, 1912, M. Verworn, „Allgemeine Physiologie“, R. Bechold, „Die Kolloide“, A. Lipschütz, „Allgemeine Physiologie des Todes“ 1915, „Физіотерапія“, подъ ред. П. Г. Мезерницкаго, 1916, А. Б. Бёклей, Краткая исторія естественныхъ наукъ“ 1907 jne.

Ümbertöötamisel tehtud näpunäidete eest avaldame tänu hr. H. Bekker'ile ja hr. J. Rumma'le.

Sisukava.

Lhk.

Sissejuhatuseks 2

I.

Anorgaaniline loodus.

a) Analüüs.

1. Aatom ja atomistiline ilmavaade 5
2. Energia 7
3. Aatomite dissotsiatsioon ja energeetiline ilmavaade . . . 10
4. Radioaktiivsus 15
5. Radioaktiivsed kiired 17
6. Crookes'i aparaat, katodkiired ja elektroon 23
7. Mateeria dissotsiatsioon 28

b) Süntees.

8. Aatoomite sündimine 32
9. Aatomite evolutsioon 37
10. Vee ja õhu sündimine 46

II.

Orgaaniline loodus.

1. Rakk kui eluüksus 50
2. Elutu ja elus loodus 75
3. Elutingimused 93
   a. Füüsilised tingimused 94
   b. Keemilised tingimused 111
   c. Bioloogilised tingimused 124
   d. Sisemised elutingimused ja surm 133
4. Elu arenemine 137
   a. Elu geoloogilistes ajajärkudes 137
      Esiaeg 141

Lhk.

Vana aeg 142
a) Kembriumi-ajajärk 142
b) Siluuri-ajajärk 143
c) Devooni-ajajärk 146
d) Kivisõe-ajajärk 148
e) Permi-ajajärk 151
Keskaeg 152
a) Triase-ajajärk 152
b) Juura-ajajärk 154
c) Kriidi-ajajärk 159
Uus aeg 161
a) Tertsiäär-ajajärk 162
b) Diluuviumi-ajajärk 165
c) Alluuviumi-ajajärk 169
b. Arenemisõpetus 173
c. Arenemisviisi teooriad 179
5. Elu tekkimine 187
6. Mõnda teaduse ajaloost 193
Lõppsõna 205
Sisukava 207