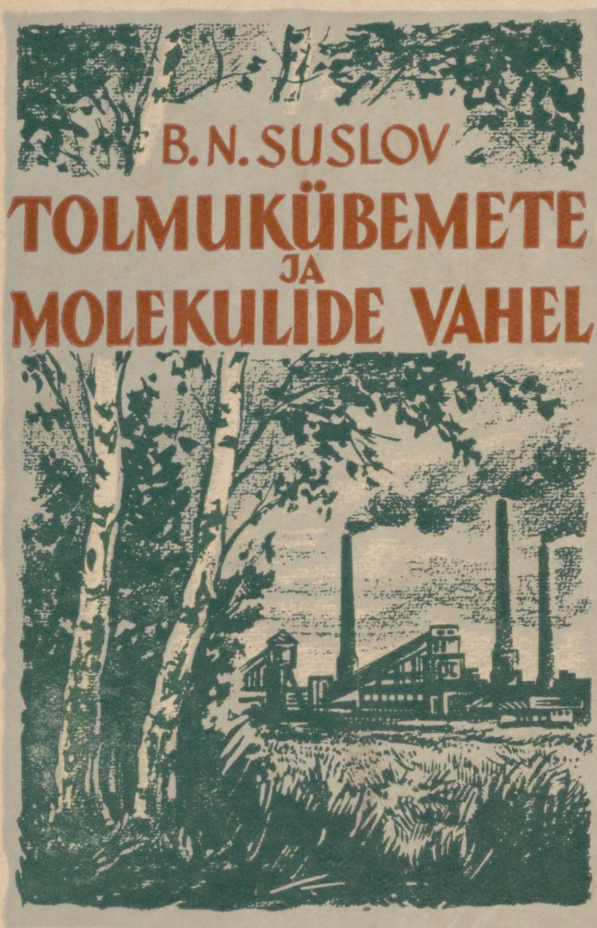


POPULAARTEADUSLIK  
SARI

A-16558



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

B. N. SUSLOV

TOLMUKÜBEMETE  
JA MOLEKULIDE VAHEL

(KOLLOIDIDEST)



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS  
TALLINN 1952

Originaali tiitel:

Б. Н. СУСЛОВ

МЕЖДУ ПЫЛИНКАМИ И МОЛЕКУЛАМИ  
(о коллоидах)

Издание второе

Государственное Издательство технико-теоретической литературы  
Москва 1950 Ленинград

Tõlkinud: H. Erisild.

2

Tartu Riikliku Ülikooli  
Raamatukogu

18918



## SISSEJUHATUS

Mispärast leib muutub kõvaks? Mispärast tekib udu eriti sagedasti suurte tööstuslinnade rajoonides? Mispärast inimesel ilmuvad vanaduses kortsud? Kuidas eraldada väärtuslikke maake tarbetutest kivimitest? Kõikidele nendele küsimustele ja paljudele teistele vastab meile teadus kolloididest. Selle loodusteaduse huvitava alaga tutvustamegi lugejat.

Teadus kolloididest on veel väga noor. Ta on kõigest ligikaudu kaheksakümmend aastat vana. Kuid juba selle lühikese eluaja jooksul on ta paljus muutnud meie endisi kujutlusi kõige mitmekesisematest nähtustest looduses ja tehnikas ning võimaldanud neid õigesti mõista ja seletada.

Kõnelda üksikasjaliselt kolloididest — see tähendab kõnelda peaaegu kõigest, mis meid ümbritseb. Sellepärast jutustame selles raamatukeses ainult vähestest, lugejale hästi tuttavatest kolloididest ja tutvustame teda kolloidide kõige tähtsamate ja huvitavamate omadustega.

### 1. HARULDASED LAHUSED

Puistake klaasi lusikatäis peensuhkrut, valage sellele külma vett ja laske seda siis rahulikult seista. Te märkate, et üksikud suhkruterakesed muutuvad ikka väiksemaks ja väiksemaks, nad „sulavad“, nagu sageli igapäevases elus ebaõigesti väljendatakse. Palja silmaga

märgata mingisuguseid muudatusi, mis selle juures vees toimuvad, ei saa. Kuid on küllalt sellest, kui klaasi kergelt kõigutada, et näha, kuidas klaasi põhjalt tõusevad tihedad, värvitu suhkrulahuse joad.

Mis siis toimub suhkru lahustamisel?

Vesi ümbritseb igat suhkruterakest ja nagu uhub selle pealispinnast välja pisimaid osakesi — suhkru molekule. Samal ajal kui vee alumistesse kihtidesse koguneb palju selliseid molekule, jõuab ülemistesse kihtidesse tungida neid ainult vähe. Vaja on oodata mõned päevad ja isegi nädalad (kui vee temperatuur ei ole kõrge), enne kui kogu suhkur lahustub ja selle molekulid on klaasis ühtlaselt jaotunud.

Kuid seda protsessi on lihtne kiirendada. Tuleb võtta ainult kuuma vett ja selles suhkrut hästi läbi segada. Sel juhul saame ühe-kahe minuti jooksul täiesti ühtlase lahuse. Lahus on läbipaistev ja värvitu ja ainult lahuse magus maitse kõneleb sellest, et see ei ole puhas vesi. Isegi kõige tugevam mikroskoop ei suuda meile lahuses näidata suhkru molekule — nad on niivõrd väikesed.

Selliseid lahuseid, milles lahustunud aine on peenestatud üksikuteks molekulideks, nimetatakse tõeliseks lahusteks.

Valame suhkrulahuse ümber puhtasse pudelisse ja sulgeme selle tihedalt korgiga. Selliselt võib lahust alal hoida nii kaua kui soovime. Kuid kui jätta lahus lahti-  
sesse klaasi, siis toimuvad ajajooksul kõik nähtused ümberpöörduvalt: kui mõningane kogus vett aurustub, hakkavad üksikud suhkru molekulid ühinema väikseimateks kristallikesteks ja lahusest eralduma; kristallid hakkavad kasvama ja langevad klaasi põhjale.

Meie ei oota vee täielikku aurustumist ja valame vedeliku ettevaatlikult sadestunud kristallidelt maha. Kui suhkrus oli mingisugust mustust, siis läheb see koos vedelikuga ära ja seepärast on suhkrukristallid pärast kuivatamist palju puhtamad kui olid enne.

Selliselt võib puhastada soola, soodat ja paljusid teisi aineid, millised annavad tõelisi lahuseid. Lahuse väljaaurutamise korral eralduvad need ained kergesti puhtate kristallidena, või nagu öeldakse — kristalliseeruvad.

Juba peaaegu tuhat aastat kasutavad inimesed seda viisi mitmesuguste ainete puhastamiseks. Kuid oskus

saada puhtaid aineid on väga suure tähtsusega. Ainult sel juhul, kui teadlase kätes on „keemiliselt puhas“ aine, võib ta kindlusega kõnelda selle omadustest. Isegi tühiselt väike osa lisandeid võib mõnikord väga tugevasti muuta aine omadusi. Võtame näiteks vee. Täiesti puhas vesi on läbipaistev, värvitu ja ilma maitseta. Kuid lisage klaasis olevale veele tilk piima ja vesi muutub sogaseks. Tilk tinti värvib vett, terake hiniini annab veele kibeda maitse. Just seepärast, enne kui uurida mingisugust ainet, vabastatakse see aine hoolikalt lisanditest. Kõige sagedamini saadakse puhas ainet lahusest eraldunud kristallidena.

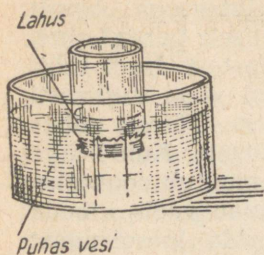
Kuid osutub, et mitte igat ainet ei ole võimalik kristallidena lahusest eraldada. Kui praktika viis keemikud kokku loomse ja taimse päritoluga ainetega, siis algasid siin ebameeldivused. Liim, želatiin, tärklis ja munavalge seisid kangekaelselt vastu uurijate katsetele — saada neid kristallilisel kujul.

Valmistage tislერილიми või tärkliselahust — ja te veendute selles. Kõigepealt vette asetatud liimitükike oma suuruselt üldse ei vähene, nii nagu tükike suhkrut või soola, vaid vastupidi, hakkab endasse imema vett, hakkab paisuma ja pehmenema. Selle järel, soojendamise ja segamise puhul, muutub liimitükike kiiresti lahuseks. Kui jätta liimilahus rahulikult seisma, siis ei moodustu mingisuguseid kristalle. Lahus kaotab järk-järgult oma voolavuse, muutub üha sitkemaks ja peatselt tardeks.

Sellised ained jäid kaua aega uurimatuteks. Alles möödunud sajandi kuuekümnendatel aastatel hakkasid teadlased neid üksikasjaliselt uurima. Tulemused olid ootamatud. Liimitaolisi aineid leidis niivõrd palju, nende käitumine osutus niivõrd omapäraseks ja huvitavaks ning nende omadused praktilises elus niivõrd tähtsateks, et tekkis uus teadus, mis on pühendatud nende ainete — kolloidide („colla“ ladina keeles — liim; kolloid — liimitaoline) — uurimisele.

## 2. AINETE KOLLOIDNE OLEK

Me kõneleme, et soola- või suhkrulahus on tõeline lahus, kuid liimi- ja tärkliselahus on kolloidne. Kuid mille poolest need lahused teineteisest erinevad?



Joon. 1.

Seda küsimust katsus möödunud sajandi kuuekümnendatel aastatel lahendada inglise keemik Graham. Ta korraldas väga lihtsaid katseid, mida igäüks teist võib kergesti korraldada.

Lõigake purgi põhi ära ja siduge purgi kael tükikese pergamendi, härjapõie või tsellofaaniga tugevasti kinni. Valage purki natuke suhkrulahust ja laske siis purk kaussi, milles on puhas vesi, selliselt nagu näidatud joonisel 1. Mõne aja pärast muutub vesi kausis magusaks. Täheandab, suhkru molekulid lähevad kergesti läbi pergamendi, põie või tsellofaani silmale nähtamatutest pisikestest pooridest. Sellised kiled või, nagu neid nimetatakse — **membraanid** — ei ole suhkru molekulidele takistuseks.

Nüüd sooritage samasugune katse liimilahusega. Vesi kausis jääb puhtaks. Kuid kui te teete vee tassis soolaseks, muutub ka liim purgis varsti soolaseks.

Millest kõnelevad need katsed? Kui suhkru ja soola molekulid tungivad membraanist vabalt läbi, ent kolloide peab see kinni, siis tähendab see seda, et kolloidi molekulid on suuremad „harilikkudest“ molekulidest.

Nii mõtles ka Graham. Kasutades membraane sõelana, „sorteeris“ ta suurte molekulidega ained väikeste molekulidega ainetest ja jaotas kõik looduses esinevad ained kaheks erinevaks „maailmaks“. Esimesse maailma eraldas ta väikestest molekulidest koosnevad ained. Need andsid täiesti läbipaistvaid püsivaid lahuseid, kristalliseerusid kergesti ja läbisid vabalt membraane. Neid aineid nimetati **kristalloidideks**. Teise gruppi aetas Graham suurte molekulidega ained — **kolloidid**. Need ei läinud kilest läbi ja kristallide asemel andsid tarde.

Seega oli looduses nagu seatud kord. Iga aine oma ehituse järgi on kolloid või kristalloid. Kõik oleneb molekulide suurusest.

Algul, sellise tingimusteta jaotamisega kahte maailma, näis kõik olevat korras; mitte mingisuguseid arusaamatusi ei olnud. Kuid peatselt tekkisid kahtlused. Leiti

aineid, mis endas ühendasid nii kolloidide kui ka kristalloidide üksikuid jooni. Need seisid nagu kahe maailma piiril. Möödus veel vähe aega ja sellist tüüpilist kolloidide maailma esindajat nagu želatiini saadi kristallidena, aga hiljem osutus, et keedusool — see, mis nagu oleks vastuvaidlematult kristalloid — võib anda veeta piirituses kolloidlahuse ja isegi tarde.

Selgus, et üks ja sama aine võib olla nii kolloid kui ka kristalloid. Ainete jaotamine kahte maailma osutus ebaõigeks.

Uue, õige küsimuse lahenduse leidsid vene teadlased.

Juba 1869. aastal järeltas Kiievi ülikooli professor Ilja Grigorjevitsš Borštšov, uurides mõningaid aineid, mis võtavad osa taimsete ja loomsete organismide kujunemisest, et on võimalik „ühe ja sama aine olemasolu kristalloidina ja kolloidina ja üleminek ühest olekust teise“.

Peterburi ülikooli professor Pjotr Petrovitš Weimarn jõudis 1904. aastal samasugusele järeldusele. See teadlane uuris hoolikalt üle kahesaja erineva aine ja pikaajalise ning vaearikka töö tulemusena jõudis lõplikule veendumusele, et Grahami jaotus on ebaõige, — „kolloidne ja kristalliline olek on materia üldine olek“. Nii nagu vesi võib olla gaasilises, vedelas ja tahkes olekus, nii võib ka iga teine aine olla, olenevalt tingimustest, kas kristallilises või kolloidses olekus. See näide kinnitab suurepäraselt V. I. Lenini sõnu: „Kõik piirid looduses on tingimuslikud, suhtelised, liukuvad ja väljendavad meie mõistuse lähenemist materia tunnetamisele“.

Oma elus puutume pidevalt kokku kolloididega. Need on süsteemid, mis koosnevad vähemalt kahest ainest, kusjuures üks neist ainetest on hajutatud teises suuremate osakestena kui üksikud molekulid, — kindla suurusega molekulide t o m p u d e n a. Tuleb öelda, et mõiste „kolloid“ on iseendast väga keeruline. Sel määral, kuidas tutvume kolloididega, saame järk-järgult täpsustada, mis on kolloid.

Kolloide leidub peaaegu kõikjal. Et selles veenduda, sooritame ekskursiooni meid ümbritsevasse maailma.

Vaadake taevas hõljuvaid pilvi. See on kolloidne süsteem, mis koosneb pisikestest õhus hõljuvatest veepiiskadest. Ka udu on kolloidne süsteem.

Tehase korstnast väljub suitsu. See sisaldab palju suuri osakesi, mistõttu ta omab ka tumeda värvuse. Kuid suured osakesed ei saa kaua õhus püsida. Nad langevad maha ja õhku jääb ainult helesinakas suits. See on samuti tõeline kolloidne süsteem — mittepõlenud söe kõige peenemad tahked osakesed ja õhku tolmustatud tuhk.

Eriti sagedasti kohtame elus vedelaid kolloidseid süsteeme. Taimede piimmahlas, piimas, õlis, paljudes ravimites, rattamäärdes on üks vedelik ülipisikeste tilgakesena pihustatud teises. Selliseid kolloidseid süsteeme nimetatakse emulsioonideks. Kui aga vedelikus on hajutatud kõvad kolloidosakesed, siis sellist süsteemi nimetatakse sooliks. Niisiis želatiini, valgu ja liimi kolloidlahused on kõik soolid.

Mitte vähem levinud ja lugejale hästi tuntud on vedelate kolloidide muutumise produktid — tarded ja geelid (neist jutustatakse meie raamatu viimastes jagudes). Sel ajal kui vedelates ja gaasitaolistes kolloidsetes süsteemides võivad osakesed rohkem või vähem vabalt liikuda, põimuvad nad siin üksteisega keerulisteks võrkudeks ja süsteem omandab järk-järgult tahke keha omadused. Mitmesugused tõrvad, plastmassid, puit, nahk, kummi — kõik need on kolloidsed süsteemid — geelid. Geele leidub ka maa sees. Need on silikaadid — räni-happesoolad, kuid samuti ka paljud teised ained, mis kogunevad maasse surnud taimede ja loomade jäätmete mädanemisel.

Kui siirdume mineraalide riiki, siis leiame ka siin palju kolloidseid süsteeme. Rubiin, safiir, ametüst, topaas — kõik need vääriskivid kujutavad endast mineraale (alumiiniumi või räni ühendeid hapnikuga), milles on hajutatud mitmesuguste metallide kolloidosakesed. Need osakesed annavadki kividele nende ilusa värvuse. Must teemant võlgneb oma värvi eest tänu söe kolloidosakesetele.

Värvilised klaasid on samuti „värvitud“ mitmesuguste metallide kolloidosakestega. Kolloidset „värvi“ kasutatakse kollaste ja punaste klaaside saamiseks. Näiteks rubiinpunases klaasis, mida kasutatakse signaliseerimisel ja fotograafias, on kolloidne vask.

Looduslik keedusool esineb mõnikord sinise värvusega. Kaua aega ei õnnestunud leida selle värvuse põh-

just. Sinine värvus kirjutati tundmatu mustumise arvele. Kuid lõppude lõpuks tehti kindlaks, et selles värvuses on süüdi metall naatrium. Seda leidub sinisevärvilises soolas jällegi kolloidosakestena.

Tahketes ainetes ei pruugi olla hajutatud mitte ainult tahked kolloidosakesed, vaid ka kolloidse suurusega vedelikutilgakesed ja gaasimullikesed. Nii näiteks vääriskivides — pärlites ja opaalis — on ülipisikesi veetilgakesi. Niiskes õhus või naha lähedal säilitavad pärlid ja opaalid oma oivalise välimuse. Kuid kuivas õhus võivad nad kolloidse vee kaotada. Oli juhuseid, et kauaaegsel seifides hoidmisel pärlid „kuivasid“ ja muutusid harilikuks kriidiks ja opaal — ränimullaks (liivaks).

Ilma liialdamata võib öelda, et kõigist meid ümbritsevatest esemetest on raske leida sellist, mis ei sisaldaks kolloidses olekus olevaid aineid.

Iga elav organism — see on keerukas kolloidne süsteem, mis sisaldab endas nii vedelaid kolloide kui ka geele. Meie riietume ja kanname jalas kolloide, kuna puuvilla-, lina- ja kanepikiud, vill ja siid, nahk ja kummi on kõik kolloidid. Toit, olgu see leib, liha, piim, kartul või kissell, on samuti kolloidid.

Peaaegu kogu meie tööstus on ühel või teisel viisil seotud kolloididega. Ühed tööstused (seebi-, margariini-, kunstkiu-, plastmassi-) toodavad kolloide, teised, näiteks suhkrutööstus, püüavad vabaneda kolloididest ja kolmandad tööstused (paberi-, kummi-, tekstiili-, kondiitri- jt.) kasutavad kolloide toormaterjalidena.

Nende näidetega ei lõpe kaugeltki veel nimekiri looduslikkudest ja kunstlikult saadavatest kolloididest. Me tahtsime ainult näidata, kui laiaulatuslik ja mitmekesine on kolloidsete süsteemide maailm.

Tutvume nüüd kolloididega lähemalt.

### 3. OSAKESTE SUURUSED

Nagu me juba kõnelesime, on igas kolloidis aine pihustatud palju suuremateks osakesteks kui harilikud molekulid. Missuguseid mõõteid omavad siis need osakesed?

Segage veega läbi väga peenikest kriidipulbrit: te ei saa mitte mingisugust kolloidlahust. Saadakse ainult läbi-paistmatu vedelik, milles üksikud suuremad kriidiosakesed kiiresti sadestuvad põhjale, kuid teised, peenemad osakesed nagu ujuksid, hõljuksid vees; see on niinimetatud heljum. Kui seda heljumit kurnata läbi poorse, liimivaba paberi (filterpaber), siis jäävad kriiditerakesed paberile, olgugi et poorid selles on palju suuremad kui pergamendis või tsellofaanis. Isegi heljumi kõige väiksemaid osakesi, nagu kõige väiksemaid tolmukübe-meidki, on ikkagi võimalik mikroskoobi abil eristada.

Tuletame nüüd meelde, kuidas käituvad tõelise lahuse molekulid. Need lähevad membraanist täiesti vabalt läbi. Tähendab, ka filterpaber ei pea neid kinni. Mikroskoobis ei ole nad nähtavad.

Kuid kolloidosakesed? Need nagu harilikud molekulidki lähevad kergesti läbi paberfiltril, kuid ei pääse läbi membraani pisikestest pooridest, nagu heljumite osakesedki.

Tähendab, kolloidosakesed on suuremad kui harilikud molekulid ja väiksemad kui heljumite osakesed.

Kuid mispärast me rõhutame — harilik molekuli? Aga just sellepärast, et on olemas aineid, näiteks tärklis, mitmesugused valgud, kautšuk, mille molekulid on kümned korrad suuremad harilikkudest molekulidest, sellistest nagu soola, suhkru, sooda ja teised molekulid. Neid aineid võime nimetada looduslikkudeks kolloidideks. Loodus ise annab meile siin juba valmis kolloidosakesi — molekule-hiiglasi; nende ainete lahustamisel saame alati kolloidlahused.

Molekul-hiiglaste läbimõõtu mõõdetakse millimeetri miljondike osadega. Seda suurust võibki võtta tõeliste lahuste molekulide ja kolloidosakeste piirina.

Teist piiri, mis eraldab kolloidosakesi heljumite osakekestest, aitas määrata mikroskoop. Heljumi terakesed on mikroskoobis hästi nähtavad, kuid kolloidosakesed on eraldamatud. Nagu teada, on kõige väiksema osakese, mida me optilises mikroskoobis veel võime näha, mõõt umbes kaks kümnetuhandikku millimeetrit. Tähendab, meil on õigus järeldada, et kõige suuremad kolloidosakesed peavad olema natuke väiksemate mõõdetega.

Seega, kui kujutleda harilikku molekuli väikese suhkruterakese suurusena, siis keskmiste mõõdetega

kolloidosakesed osutuksid õunasuursteks, aga heljumi osakesed või üksikud tolmukübemed mitmemeetrise diameetriga keradeks.

Nagu näete, on kolloidosakeste suurus valitud teataval määral meelevaldselt. Kuid siiski on selliste osakeste süsteemide eraldamine täielikult õigustatud. Olgugi et osakeste mõõted on ainult kolloidide kvantitatiivne iseloomustus, osutub siiski, et osakeste suuruse vähendamisega omandab aine palju huvitavaid, mõnikord meile väga väärtuslikke omadusi.

See tõendab veelkord dialektilise materialismi ühe põhilise seaduse õigsust — kvantiteedi kvaliteediks ülemineku seaduse õigsust.

Selles, et aine omadused muutuvad tema peenestamisel, võib veenduda hulga näidete varal. Kui visata kivi vette, siis vajub see kiiresti põhja. Pihustame nüüd kivi väikesteks tükikesteks. Visates neid vette, märkame, et mida väiksem on tükike, seda aeglasemalt ta vajub. Kivi võib tampida nii peeneks pulbriks, et selle osakesed nädalate viisi „hõljuvad“ vees, enne kui jõuavad põhja. Ent kui meil õnnestuks kivist saada kolloidide suurusi osakesi, siis osutuks, et need juba üldse põhja ei vaju, nagu ei vaju lahuses põhja soola molekulid.

Harilikus savis on alati palju liivaterakesi ja teisi suuri osakesi. Sellisest savist midagi voolida on küllalt raske. Et eraldada suuri osakesi, uhutakse savi ja lastakse natuke aega rahulikult seista. Suuremad lisandid settivad kiiresti põhja ja vette jääb järele peenike heljum. Heljum valatakse pealt ära ja korratakse settimist senikaua, kuni põhjale settivad puhta savi ülipeened osakesed. Selline savi võtab kergesti ja säilitab temale antava kuju.

Plastilisemat savi võib saada, kui lisandada sellele veidi leelist. Sellega kolloidosakeste arv savis suureneb. Need osakesed võivad üksteise kõrval kergesti libiseda; sellega tõusebki savi plastilisus.

Vaevalt, et keegi peab tükksütt, suhkrut ja teravilja lõhkeaineks. Kuid, muide, suhkru-, söe- ja jahutolm, mille osakesed oma mõõdetelt on lähedased kolloidosakestele, võivad kergesti plahvatada. Söetolm on kaevuritele samasugune vaenlane nagu kaevandusegaas.

Petrooleum ja nafta süttivad põlevast tikust raskesti,

kuid ülipisikeste tilgakestena õhku pihustatuna annavad nad samuti plahvatava segu.

Üldse, mida peenemaks aine on pihustatud, seda kiiremini läheb ta teiste ainetega keemilisse vastastikusse mõjustusse, antud juhul — põlemisesse. Sellepärast kasutavad keemikud oma laboratooriumides pidevalt uhmreid, kuid tehastes, kus töödeldakse ümber hiiglasuuri materjalihulki, kasutatakse peenestamiseks spetsiaalseid pihustajaid ja mitmesuguseid veskeid.

Kui sütt jahvatada inimese juuksekarva paksusteks osakesteks (ligikaudu  $\frac{5}{100}$  millimeetrit), siis võib sellist söepulbrit läbi pihusti anda kütteks sarnaselt naftale või masuudile.

Peeneks jahvatatud grafiiti võib suurepäraselt kasutada määrdena, millist sageli eelistatakse õlile.

Kolloidide mõõdeteni jahvatatud värv omab kõige parema kattevõime.

Mitmesuguste sulamite, näiteks raua ja terase omadused olenevad samuti palju neis sisalduvate süsiniku- või tsementiidi- (süsiniku ühend rauaga) terade suuruselt. Teras on eriti kõva, kui sulami terad omavad kolloidosakeste mõõteid.

Rasvatilgakeste suuruselt võib oleneda nende läbimise kiirus seedeorganite seintest. Sellepärast piimas või võis peeneks pihustatud rasva assimileerib inimorganism paremini kui rasva lausmassis, näiteks sulatatud võis või searasvas.

Väga peeneks pihustatud ained tungivad ka kergemini läbi naha pooride. Sellepärast peenestavad farmatseudid salvide valmistamisel hoolikalt selle koosseisu minevaid ravimeid.

Palju teisi väärtuslikke omadusi omandavad ained kolloidisel või sellele lähedasel peenestamisel.

Missugusel viisil saavutatakse sellist peenestust? Kuidas saadakse kolloide?

Me juba teame, et kolloidsed süsteemid asetsevad jämedate heljumite ja tõeliste lahuste vahekohtadel. Kolloidosakesed on harilikkudest molekulidest suuremad, kuid heljumi terakestest ja tolmukübemekestest väiksemad. Kolloidosakeste selline vahepealne asukoht dikteerib meile kolloidide saamise viise.

Nagu niiti võib kedrata üksikutest puuvillakiududest, nii võib ka kolloidosakesi koostada, „kasvatada“ üksi-

kutest molekulidest. Teatud kannatlikkuse juures võib nõõri üksikuteks niitideks lahti harutada; täpselt samuti võib ka heljumi suurt osakest peenestada kolloidosakesteni.

Tutvugem esmalt molekulidest kolloidosakeste kasvatamise meetoditega.

#### 4. OSAKESTE KASVATAMINE

Kuidas koguda ühte osakesse sadasid, kuid mõnikord ka tuhandeid aine molekule? Kuidas saada sellist molekulide „tompu“ (varemalt kolloidosakesi nimetatigi „tompudeks“)?

Puistake keevasse vette senikaua pesusoodat, kuni see enam ei lahustu. Teie saate küllastatud lahuse. Nüüd jahutage seda kiiresti. Otsekohe ilmub vedelikus palju väga väikesi soodakristallikesi. See toimub sellepärast, et alandatud temperatuuril vesi ei või lahustada enam nii palju soodat kui keemistemperatuuri juures. Üksikud molekulid hakkavad koonduma kristallidesse ja lahus muutub sogaseks. Mingil kasvu silmapilgul saavutab iga kristall kolloidosakese mõõte. Kuid ta jätkab kiiret kasvamist ja muutub varsti isegi paljale silmale nähtavaks.

Sel viisil, kristallide kiire kasvamise juures, muidugi ei saada mingisugust kolloidlahust. On tarvis mingil viisil pidurdada kristallide kasvamist ja nimelt just sel momendil, millal need on välja kasvanud kolloidosakeste suuruseni. Kuidas seda teha? Osutub, et soodalahuse juures vees seda teha ei ole võimalik. Ja üldse — ei ole võimalik saada mingisuguse aine kolloidlahust selles vedelikus, milles see on hästi lahustatav. Põhiline ja vajalik tingimus kolloidlahuse saamiseks on — aine äärmiselt väike lahustatavus võetud vedelikus.

Tähendab, selleks, et saada kolloidlahust ükskõik misugusest molekulaarsest, see tähendab tõelisest lahusest, peame looma niisugused tingimused, mille juures meie aine lahustatavus järsult alaneb. Kõige lihtsam viis selle tegemiseks on — asendada lahusti. Sellist lahusti asendamist on tõenäoliselt paljud teist teinud, järele mõtlemata asetleidva nähtuse üle. Näiteks, teil oli vaja puhast pudelikest ja te otsustasite pesta pude-

likese, milles on veel mõned tilgad odekolonn. Meenu-tage, et kui teie valate pudelikesse vett, siis muutub see täiesti sogaseks. Mis siin juhtub? Odekolonn — see on lõhnavate eeterõlide tõeline lahus alkoholis. Vees need õlid ei lahustu. Segunedes odekolonniga, vesi nagu võtaks õli molekulidest alkoholi ära, tõukab need alko-holist välja. Lahustist ilma jäetud, ühinevad õli mole-kulid üliväikesteks tilkadeks; moodustub kolloidne süs-teem — eeterõlide emulsioon vees (emulsioonideks, nagu juba kõnelesime, nimetatakse süsteeme, kus üks vedelik on pihustatud teises vedelikus).

Kuid miks ei peaks eeterõli väikesed tilgakased sel juhul kasvama suurte mõõdeteni ja tõusma üles vee pinnale? Osutub, et nimelt see just juhtubki, kui me ei pea kinni kindlatest tingimustest. Kui tahame saada püsivat kolloidi, tuleb meil alati võtta veidi tõelist lahust ja lisandada seda tilgakaupa tugeva segamise juures suurele hulgale teisele vedelikule. Siis hajuvad tulevase kolloidi üksikud molekulid otsekohe ühtlaselt kogu vedelikus ja kolloidosakesed kasvavad võrdlemisi aeglaselt.

Teada ja täpselt kinni pidada kolloidosakeste moo-dustamise tingimustest on väga tähtis kolloidide saa-misel tööstuses.

Vaatame, kuidas saadakse värvilist klaasi, näiteks rubiinpunast klaasi, mida värvitakse kulla kolloidosakes-tega. Seda valmistatakse klaasi sulatamisel väga väikese kullasoola hulgaga (grammi mõningad kümnendikosad ühe kilogrammi klaasi kohta). Kõrge temperatuuri juu-res sool laguneb ja kulla aatomid jagunevad kogu vedela klaasi massi ulatuses. Pärast seda vedel klaas jahutatakse. Mingisuguse temperatuuri juures hakkavad kulla aatomitest tekkima väga väikesed osakesed — „looted“. Need looted ei jõua välja kasvada kolloidosa-kesteni, kuna temperatuur, mille juures nad hakkavad tekkima, on võrdlemisi madal. Klaas muutub selle tem-peratuuri juures juba niivõrd sitkeks, et osakeste ümber-paigutamine selles on tugevasti takistatud. Kui klaas on täielikult jahtunud, on ta täiesti värvitu või õrnalt kol-lane (kollaseks värvivad teda looted). Selleks et kol-loidosakesi välja kasvatada, soojendatakse sulamit veel kord. Sellejuures klaasi sitkus väheneb ning aatomid ja looted saavad võimaluse vabalt liikuda. Nad ühine-

vad üksteisega kolloidosakeste suurusteks ja klaas värvub punaseks. Teistkordset soojendamist teostatakse rangelt kindlaksmääratud aja vältel. Kui klaasi soojendatakse liiga kaua, võivad kullaosakesed kasvada kolloidosakeste mõõdetest üle ja tulemusena saadakse halvastordiline violetne klaas.

Esimese õige seletuse rubiinklaasi ehituse kohta andis suur vene teadlane M. V. Lomonossov juba sel ajal, milal teadus kolloididest veel ei eksisteerinud.

Samasugused protsessid toimuvad ka „sine“ nime all tuntud mineraalse värvi ultramariini saamisel. Selleks sulatatakse härilikult valget savi — kaoliini — sooda ja väävliga. Algul saadakse väävli molekulaarne lahus, kuid siis, teistkordsel, kuid mõnikord mitmekordsel ettevaatlikul kuumutamisel, tekivad väävli kolloidosakesed, mis värvivad sulami siniseks. Ka siin on tingimata tarvilik segu sulatada rangelt kindlaksmääratud aja vältel ja viia sulam kindlaksmääratud temperatuurini. Nende tingimuste rikkumine võib viia sellele, et sinise ultramariini asemel saadakse punane, kollane või roheline, olenevalt kujunenud osakeste suurusest.

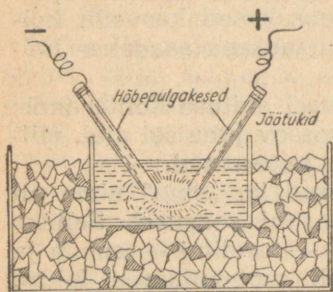
Toome veel ühe huvitava kolloidlahuste saamise meetodi kolloidosakeste kasvatamise teel. Nii saadakse mitmesuguste metallide, eriti hõbeda kolloidlahuseid. Kolloidne hõbe on paljudele hästi tuntud: see esineb söövitavate arstimisvahendite protargooli ja kollargooli näol. Kolloidse hõbeda saamiseks asetatakse kaks hõbedapulgakest veega täidetud anumasse ja ühendatakse need elektrivooluallikaga (joonis 2). Voolu sisselülitamisel tekib kahe pulga vahel elektrikaar<sup>1</sup>. Selle juures areneb nii kõrge temperatuur, et tahke aine muutub auruks. Hõbedauruga nähtavasti juhtub seesama, mis veeauruga, mis hajub laiali jahedas õhus, — selle üksikud molekulid koonduvad kolloidosakesteks. Kaare juurest tõuseb vees üles kolloidse hõbeda halkjaspruun „pilv“ — kollargool. Et vesi anumasse ei hakkaks keema, pannakse kaar lühikeseks ajaks põlema ja anumatahtakse kogu aeg jääga.

Samuti on olemas palju keemilisi teid kolloidosakeste kasvatamiseks. Need on küllalt keerukad ja me nende

---

<sup>1</sup> Elektriikare kohta vt. brošüüri — А. С. Данигер, Электрическая лампочка, Гостехиздат.

juures ei peatu. Näitame ainult, kuidas looduses tekib kolloidne väävel. Kui väävliallikate vesi tõuseb sügavusest üles maapinnale, siis selles lahustunud gaas — väävelvesinik — hapendub õhuhapnikuga. Selle hapendumise ühe saadusena esineb väävel. Väävel ei lahustu vees ja tema molekulid ühinevad üksteisega kolloidosakesteks. Osakesed kasvavad kiiresti ja sellepärast väävelvesiniku vesi muutub õhukäes piimjas-sogaseks.



Joon. 2. Kolloidse hõbeda saamine.

Me tutvusime kolloidosakeste „kasvatamise“ viisiga. Kõigis toodud näidetes saadakse kolloidosakesi molekulide tihendamise, kondensatsiooni teel. Vaatame nüüd, kuidas saadakse kolloidosakesi aine suurte tükide peenestamisel.

## 5. KOLLOIDIVESKI

Kõige lihtsam aine peenestamise viis, mis ei nõua meie poolt mingit jõupingutust, on lahustamine. Kuid nagu me juba kõnelesime, saame sel teel enamikul juhtudel tõelised lahused, see tähendab, aine peenestub molekulideni. Kolloidlahused moodustuvad lahustamisel ainult siis, kui meil on tegemist looduslike kolloididega — tärklise, valkude, liimiga. Siin on molekulaarne lahus üheaegselt ka kolloidne, kuna nende ainete molekulid-hiiglasel omavad kolloidosakeste mõõteid.

Teine kolloidosakeste saamise viis seisab aine suurte tükide järkjärgulises mehaanilises peenestamises üha peenemateks ja peenemateks teradeks. Näib, et selline meetod ei peaks tegema erilisi raskusi. Tõepoolest, mis võib olla lihtsam kui võtta uhmer ja selles hõõruda peeneks tükk tahket ainet, kuni selle osakesed saavutavad kolloidsed mõõted; puistata pulber mingisugusesse vedelikku, milles ta ei lahustu, segada see läbi — ja kolloidlahus on valmis!

Praktikas siiski näeb see teisiti välja. Kuiva aine lihtsal mehaanilisel peenestamisel võime saada osake-

sed, mille läbimõõt on kõigest umbes viis tuhandikku millimeetrit. Meie edasised pingutused osutuvad asjatuiks. Põhjus on selles, et mida väiksemateks muutuvad pulbri osakesed, seda meelsamini nad kleepuvad uuesti üksteisega kokku.

Kuid siiski võib peenikeste osakeste kohesiooni vältida, on tarvis ainult võtta mitte puhas pulber, vaid mingisuguse temale mittemõjuva keemilise vedelikuga niisutatud pulber, või lisandada pulbrile mingisugust tahket ainet. Sellise segu peenekshõõrumisel võime juba saada kolloidsete mõõdetega osakesi.

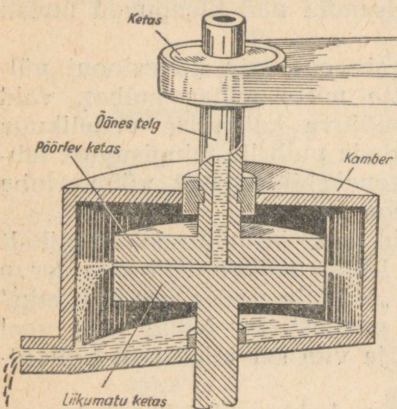
Näiteks segage sütt suhkruga ja hõõruge hoolikalt see segu uhmris peeneks. Läheb mööda võib-olla terve kuu, kuid lõppude lõpuks „tööd ja vaeva kroonib edu“ — te saavutate kolloidse peenestuse. Nüüd jääb veel üle lisandada pulbrile vett ja viia sel viisil süsi kolloidlahusesse.

Kuid söe kolloidosakestega hakkavad lahuses kaasas käima suhkru molekulid. Kuidas neist vabaneda? Neist vabanemine ei nõua erilist vaeva. On ju suhkru molekulid võrreldes söeosakestega väga väikesed. Need lähevad pergamendist või looma põienahast vabalt läbi, samal ajal kui membraan söeosakesed kinni hoiab. Tähen-dab, membraani võime kasutada omamoodi sõelana. Läbi selle „sõelume“ suhkru molekulid ja saame täiesti puhta kolloidlahuse.

Kuid siiski on sel teel kolloidide saamine väga ebaumugav. See nõuab tohutut töö- ja ajakulu ja on loomulikult tehnikas kasutamatu, kus sageli on vajalikud määratu suured peene pulbri hulgad. Väga mugava, kiire ja odava peenestamise meetodi leiutas vene insener Paulson. 1920. aastal ehitas ta kolloidide saamiseks spetsiaalse veski. Vaadake, kuidas on ehitatud üks sellistest kolloidiveskitest (joonis 3).

Väga vastupidavast metallist silindris asetsevad kaks siledakslihvitud pindadega ketast. Alumine ketas on kinnitatud liikumatult, kuid ülemine pöörleb väga kiiresti — kuni 250 pööret sekundis. Mõnikord ehitatakse veski ka nii, et mõlemad kettad pöörlevad, üks — paremale, teine — vasakule. Kettad on asetatud selliselt, et nende vahele jäävad ainult väga väikesed pilud. Öönsa telje sisse (vt. joon. 3) surutakse pumbaga mingis sobivas vedelikus oleva aine heljumit, näiteks grafiidi heljumit

vees või õlis. Heljumi osakesed satuvad ketastevahelisse piludesse. Siin saavad nad tunda väga tugevat mehaanilist mõjutust ja peenestuvad. Alumise ava kaudu



Joon. 3. Kolloidiveski.

läheb vedelik välja erilisse vahepealsesse kogujasse, kuid pärast seda juhitakse uuesti pumbaga veskisse tagasi.

Seda korratakse senikaua, kuni osakesed enam ei ületa soovivat mõõdet.

Kolloidiveskit kasutatakse kõige mitmesugusemates tööstustes. Neis peenestatakse grafiiti määrete ja pliatsite valmistamiseks, peenestatakse mineraalväetisi, värve, ra-

viaineid, valmistatakse rasvavabaks tehtud piimapulbri ja koorevõist kunstlikku piima ja muud.

Jahvatamine veskis läheb väga kiiresti. Kuni kolloidiveski leiutamiseni peenestati näiteks grafiiti kuulveskites ja selleks kulus 15—20 ööpäeva; väga peeni kakaoterakesi, mis on vajalikud šokolaadi valmistamiseks, saadi valtside abil 6—7 ööpäeva jooksul. Kolloidiveski teeb selle töö ära 15—20 minutiga!

Peamiselt nii saadakse kolloidosakesi tahketest kehast.

Kolloidtilgakeste saamine vedelikust on palju kergem. Isegi kahe omavahel mitteseguneva vedeliku, näiteks petrooleumi ja vee lihtsal loksutamisel võib juba saada kolloidse süsteemi — emulsiooni. On õige, et selline emulsioon on väga ebapüsiv. Emulsiooni üksikud terakesed liituvad kiiresti ja vedelikud kihistuvad. Kui aga lisandame sellele segule veidi seepi, siis saame väga peene ja püsiva emulsiooni. Seebiosakesed kaitsevad emulsiooni tilgakesi; nad katavad petrooleumiterakesi õhukeste kiledega ja takistavad nende liitumist; selliselt valmistatakse petrooleumi emulsiooni viljapuude pritsimiseks.

Väga väikesi tilgakesi saadakse samuti ka vahu purustamisel. Igaüks teist puhus muidugi lapsepõlves seebimulle ja pani tähele, et kui mull lõhkes, ilmus mõnikord õhku kerge „suitsuvine“. See on suur hulk kolloidtilgakesi, mis tekkisid mulli õhukeste seinte rebenemisest. Ruumides, milles toimuvad käärimisprotsessid (õlle- ja veinitööstustes, leivatööstustes) või pesemine, on õhk alati niiske. See niiskus ei teki mitte üksnes vee auramise arvel, vaid ka udu moodustumise arvel vahu veekestakeste purunemisel.

Viimasel ajal on hakatud tahkete ja vedelate ainete kolloidseks peenestamiseks kasutama ultraheli. Kui õhus levivad helid, milliseid me kuuleme, siis tähendab see, et õhuosakesed võnguvad sagedusega 16 kuni 20 000 võnget sekundis. Kui võnkesagedus on 20 tuhandest suurem, siis on see juba ultraheli. Ultrahelid meie kõrv ei võta vastu. Võimsad ultrahelilained, sagedusega sajad tuhandet võnked sekundis, tekivad keerukates eriseadistes, niinimetatud ultraheli generaatorites. Ja kui lasta sellised lained läbi õli ja vee segust, siis segu osakesed satuvad võimsasse võnkliikumisse, purunevad ja segunedes moodustavad õli emulsiooni vees. Ultraheli abil õnnestub saada isegi metallide kolloidlahuseid!

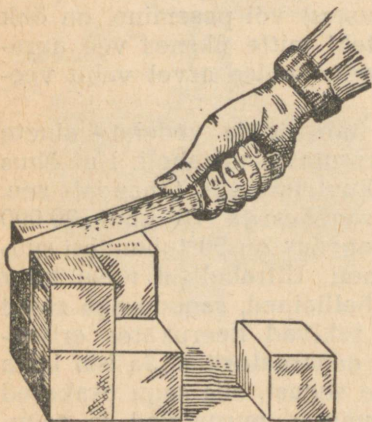
Sellised on üldjoontes kolloidsete süsteemide saamise viisid. Tutvugem nüüd kolloidide mõningate omadustega. Me jutustame neist nähtustest, millised toimuvad kolloidosakeste pinnal, sellest, kuidas kolloidosakesed suhtuvad valgusesse, kolloidide elektrilistest omadustest ja lõpuks sellest, kuidas on ehitatud osakesed ise.

## 6. SUURTE PINDADE MAAILM

On ju hästi teada, et suur suhkrutükk lahustub aeglasemalt kui sama hulk peensuhkrut. Mispärast? Sellepärast, et peensuhkru kristallide kogupind on palju kordi suurem suhkrutüki pinnast. Peensuhkru lahustamisel puutub vesi korraga kokku massiliselt üksikute kristallide väikeste pindadega ja sellepärast läheb iga sekundiga lahusesse üle palju suhkrumolekule.

Suur puuhalg põleb ahjus aeglaselt. Kuid kui see raiuda peenikesteks peergudeks, siis haarab leek korraga paljusid peergude pindasid ja peerud põlevad kiiremini ära.

Mõlematel juhtudel — suhkru lahustamisel ja puu põlemisel — on aine peenestatud võrdlemisi jämedalt. Kuid ka siin avaldub juba selgesti pindade suurenemine. Kuid kolloidsetes süsteemides on osakesed võrreldamatult väiksemad suhkruterakestest ja nende üldpind on ebatavaliselt suur. Selles veenduda, et see on tõesti nii, ei ole raske.



Joon. 4. Aine pindala suureneb aine peenestamisel.

Lõigake seebitükist välja kuubid, mille iga tahu külje pikkus on üks sentimeeter. Kuubi pind võrdub tema kuue tahu pindalaga. Meie kuubi iga tahu pindala on võrdne ühe ruutsentimeetriga. Täheandab, kogu kuubi pind moodustab kuus ruutsentimeetrit. Nüüd lõigake see kuubik läbi nii, et iga uue kuubiku serv oleks kaks korda väiksem (joonis 4), see tähendab, et oleks võrdne poole

sentimeetriga. On kerge näha, et selle juures eelmisest kuubikust saadakse kaheksa uut. Iga sellise kuubiku pind on  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 6 = 1\frac{1}{2}$  ruutsentimeetrit ja kõigi kaheksa kuubiku pind moodustab juba  $8 \times 1\frac{1}{2} = 12$  ruutsentimeetrit, s. t. on suurenenud kaks korda.

Nii kasvab pind ka kuubikute edasisel jaotamisel. Kuubik, mille tahu serva pikkus on üks sajandik sentimeetrit, omab väga väikese pindala, kõigest  $0,01 \times 0,01 \times 6 = 0,0006$  ruutsentimeetrit. Kuid selliseid kuubikesi saadakse ühest kuupsentimeetrist seebist miljon ja nende miljoni kuubiku kogu pind moodustab juba 600 ruutsentimeetrit. Kui lahustame oma seebikuubiku vees, siis saame kolloidlahuse, milles kõigi seebiosakeste pind võib kasvada kuni sadade ja isegi tuhandete ruutmeetrini!

Ühe grammi vihmapiiskade kogupind on ligikaudu 15—20 ruutsentimeetrit. Kuid kui me saame nendest vihmapiiskadest udu kolloidpiisakesed, siis nende kogupind moodustab juba mitusada ruutmeetrit!

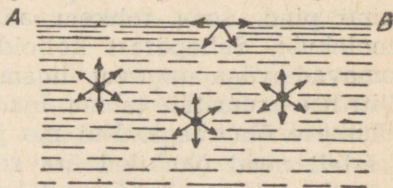
Kolloidide maailm — see on suurte pindade maailm, mis on seotud väikese koguse pihustatud ainega.

Kui vees on tõeliselt lahustunud mingisugune gaas, näiteks hapnik, või mingisugune vedelik, näiteks alkohol, või tahke keha — sool või suhkur, siis on mõttetu rääkida lahustunud aine gaasilisest, vedelast või tahkest olekust. Selle molekulid moodustavad sel juhul veemolekulidega nagu ühe terviku, ja määrata, kas aine enne lahustamist oli gaasiline, vedelik või tahke keha, me ei või. Teine asi on kolloidid. Me võime alati öelda, et piimas on rasvatilgakesi, mustas tuššis on jaotunud tahma tahked osakesed, vahus — gaasimullikesed. Kolloidosakesed säilitavad oma vedela, tahke või gaasilise oleku, ükskõik millises keskkonnas nad ka ei asuks. Nad on keskkonnast eraldatud kindla pinnaga. Sellise pinna olemasolu on kolloidse süsteemi põhiline erinevus tõelisest lahusest.

Kuidas siis mõjub kolloidosakeste hiiglasuur kogupind kolloidide omadustele? See on üks kõige tähtsamatest küsimustest teaduses kolloididest. Et sellele küsimusele vastata, peame eelkõige lähemalt tutvuma pindkihi iseärasustega.

Ükskõik missuguses tahkes kehas, ükskõik missuguses vedelikus on üksikud molekulid omavahel seotud jõududega, mida nimetatakse kohesioonjõudeks. Tahkes kehas on need jõud väga tunduvad ja selleks, et lahutada tahke keha molekule, näiteks lõhkuda puuhalgu või puruks rebida nõõri, peame kasutama suurt jõupingutust. Vedelikus on kohesioonjõud väiksemad.

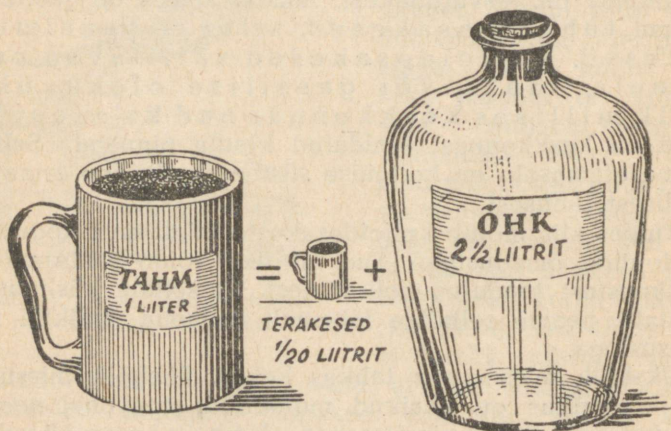
Vaadake nüüd joonist 5 ja kujutlege, et joon AB on mingisuguse vedeliku pind ja mustad punktid on juhuslikult võetud molekulid. Kolm molekuli asuvad vedeliku sees, üks — vedeliku pinnal. Vedeliku sees tõmbab iga molekuli külge oma naabreid ja samasuure jõuga tõmbub ise nende külge. Kohesioon-



Joon. 5. Pinnal asetsevad molekulid omavad liigset energiat.

jõud on nende vahel tasakaalus. Kuid pöörake tähelepanu molekulile, mis lamab pinnal. Külgedelt ja alt ümbritsevad teda teised vedeliku molekulid, kuid pinna kohal asub õhk, selles aga, nagu ükskõik millises teises gaasis, asetsevad molekulid võrreldes vedeliku üksteisest väga kaugel. Sellepärast ei ole selle molekuli jõud täielikult „kulutatud“.

Sedasama võime öelda ka tahke keha pinna kohta. Ükskõik millise pindkihi kõik molekulid või aatomid omavad teatavat üleliigset energiat, mille arvel nad võivad teha väga suurt ja sageli meile kasulikku tööd.



Joon. 6. Tahmaterakesed adsorbeerivad suurel hulgal õhku.

Asi seisab selles, et pindkihis olevad molekulid on võimelised külge tõmbama ja vahel väga püsivalt kinni hoidma teisi molekule, aga mõnikord ka kolloidosakesi. See nähtus kannab nimetust *adsorption* („adsorptioon“ tähendab pinna poolt imamist). Mida suurem on aine pind, seda rohkem adsorbeerib ta teiste ainete molekule. Sellepärast kolloidid ja pulbritaolised ained omavad väga tugevat inamisvõimet. Näiteks võtame liitrilise kruusitäie tahma. Iga tahmaterake on ümbritsetud õhukese õhukilega. Kui me prooviksime kõikidelt terakestelt need õhukiled ära rebida, siis jõuaksime ootamatule tulemusele. Osutub, et tahmaterakesed võtavad ise enda alla ainult  $\frac{1}{20}$  osa kogu kruusist; ülejäänud  $\frac{19}{20}$  osa võtab enda alla tahma poolt adsorbeeritud õhk.

Kuid see õhk on tugevasti kokku surutud. Kui teda koguda eraldi anumasse hariliku atmosfäärilise rõhu juures, siis võtab ta enda alla kahe ja poole liitrilise ruumala (joonis 6)! See näitab, et õhu molekulid mitte lihtsalt ei ümbritse tahmaterakeste pindu, vaid tegelikult moodustavad nende ümber tiheda kile. Nimelt tänu sellistele tihedatele gaasikiledale ei lähe kauaaegselt rikki peenikesed pulbrid, näiteks jahu.

Kolloidide ja pulbritaoliste ainete suurt adsorbeerimisvõimet kasutatakse sageli tehnikas.

Näiteks võtame mitmesuguste kangaste värvimise. Värvimine on võimalik ainult tänu sellele, et riide kiud (aga riie — see on kolloid) on võimelised adsorbeerima värvi. Kui värvimist on teostatud õigesti, siis hakkavad värviosakesed väga tugevasti kiudude külge ja riie ei kaota pesemisel värvi. Sinetamisel riie adsorbeerib samuti kolloidset värvi — sinet.

Seebi pesemistoime on samuti seotud adsorptsiooniga. Seebi kiled adsorbeerivad aineid, mis määrivad riidet.

Peenikeseks jahvatatud puusüsi adsorbeerib väga hästi värve. Näiteks, kui loksutada söepulbrit tindilahusega, siis söe osakesed adsorbeerivad värvi ja tint muutub värvituks. Sellele nähtusele põhjeneb söe kasutamine või- ja margariinitööstustes taimeõlide pleegitamiseks, aga suhkrutehastes — suhkrumahla ja siirupi pleegitamiseks. Söega puhastatakse ka joogivett, — süsi imab lisandeid, millised annavad veele kopitanud lõhna ja ebameeldiva kõrvalmaitse.

Aurukatelde toiteveele lisandatakse mõnikord kolloidset grafiiti. Selle põhjus on järgmine. Veest eralduvad soolad annavad katla seintele kivistise, mida on väga raske eemaldada. Kui aga vees on grafiidi kolloidosakesi (kõigest mõned grammid tonni vee kohta), siis sadestuvad soolad nende osakeste pinnale. Grafiit annab kobeda helbetaolise sademe, millest on katelt kerge puhastada lihtsa uhtimisega.

Erilise söe väga peenikesi pulbreid kasutatakse arstiteaduses mitmesuguste maohaiguste ravimisel ja mürgituste korral. Viimasel juhul adsorbeerib süsi mürkaineid.

On huvitav, et soojendamisel aine imamisvõime langeb. Seda on väga lihtne seletada. Hakkavad ju temperatuuri tõusmisega igasuguse keha molekulid kiiremini liikuma. Ehkki imatud molekulid püsivad pinnal küllaltki

tugevasti, võib siiski osa molekule soojendamisel ületada selle jõu ja end pinnast lahti kiskuda. Nii teavad perenaised väga hästi, et värvilist riidet ei saa pesta kuumas vees, — riide poolt adsorbeeritud värv eraldub kiududest soojendamise juures palju kergemini. Või katsuge puistata lusikatäis kakaod külma vette. Teil tuleb kakaod kaua segada, enne kui kõik selle osakesed on märgunud. Märgumist segab osakeste ümber olev õhukile. Kuid puistake kakaod sooja vette. Õhu molekulid hakkavad kiles liikuma palju elavamalt, lahkuvad kergemini terakeste pinnalt ja märgumine toimub väga kiiresti.

Madalate temperatuuride juures, vastupidi, võib pulbri pealispind kinni hoida suure hulga ainet. Seda kasutatakse samuti tehnikas. Näiteks me võime söega kinni püüda meile väärtuslikke aineid ja pärast selle söe kuumutamisel saada ainet puhtal kujul. Sel teel kogutakse keemiatööstustes lenduvate lahustite aure ja naftagaaside väärtuslikke aineid. Näiteid adsorptsiooni kasutamistest meie elus on väga palju. Lõpuks peatume ainult ühel adsorptsiooni eriti tähtsal rakendusel.

1915. aastal, esimese imperialistliku sõja ajal, võttis Saksamaa rindel kasutusele uue hirmsa relva — mürgaasid.

Et päästa vägesid hukkamisest ja säilitada nende lahinguvõimet, oli tarvis kiiresti leida kaitsevahendit.

Mürgaasid mõjutavad kõige tugevamini hingamisteid. Tähendab, oli tarvis esmajärjekorras leida lihtne ja sobiv viis sissehingatava õhu kahjutukstegemiseks. Puhastada õhku t u n t u d gaasi lisanditest ei ole kuigi raske. Keemik võib kiiresti välja valida sellise aine, mis ühenduses mürgise gaasiga annab kahjutuid produkte. Kuid kogu asi seisab selles, et kaitsja pool ei tea varemalt, millist gaasi vaenlane kavatseb kasutada. Kuid juba enne aasta möödumist pärast esimest gaasirünnakut kasutasid sõdivad maad juba kümneid erinevaid mürgaineid. Peale gaaside hakati kasutama ka vedelaid ja tahkeid aineid, mille aarud olid mürgised. Igaüks nendest ainetest mõjutab vastastikku ainult mõningaid „imajaid“ ja läheb vabalt läbi kõikidest teistest.

Oli tarvis leida selline aine, mis oleks teinud ükskõik millise gaasiga mürgitatud õhu kahjutuks.

Selline universaalne vastumürk avastati juba 1915.

aasta lõpus. Tänuväärse ülesande miljonite inimeste päästmiseks lahendas vene teadlane, praegune akadeemik Nikolai Dmitrijevitsš Zelinski. Ta avastas, et puhas kasepuusüsi on võimeline adsorbeerima peaaegu kõiki gaase! Kui lasta mürgistatud õhku läbi sellise söe kihist, siis mürgised gaasid jäävad söe pinnale ja õhk väljub mittekahjustavana. Loomulikult on selleks tingimata tarvilik suur imamispid. Ja N. D. Zelinski tegi ettepaneku täita gaasitorbikud spetsiaalselt töödeldud, niinimetatud **aktiiviseeritud söega**. Sellises söes on väga palju mikroskoopilise suurusega vabu poore ja pragusid. Uhe grammi aktiiviseeritud söe pealispind moodustab sajad ruutmeetrid.

Kaasaegsetes gaasitorbikutes on peale aktiiviseeritud söe veel spetsiaalsed keemilised imajad ja filtrid sissehingatava õhu puhastamiseks suitsuosakekestest. Sellised gaasitorbikud kaitsevad kindlalt nii mürgiste gaaside ja aurude kui ka suitsu eest.

## 7. KUIDAS RIKASTATAKSE MAAKE

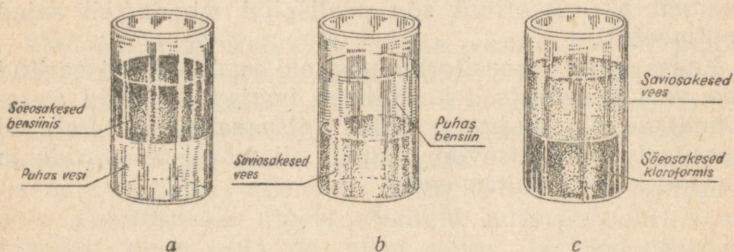
Ülesanne, eraldada aineid üksteisest, kerkib inimese ees väga sageli ja seda lahendada on eriti raske nimelt siis, kui mõlemad ained on tahked. Loodus ei anna meile kaugeltki mitte alati väärtuslike kivimite poolest rikkalikku maaki. Kuid metalle välja sulatada kehva-dest maakidest, s. o. maakidest, milles on suurel hulgal „tähtsusetuid“ kivimeid — lubjakivi, savi, liiva jne. — ei ole kasulik. Millisel teel võib eraldada väärtusliku mineraali, mida maak sisaldab, tähtsusetutest kivimitest või teiste sõnadega, kuidas rikastada maaki? Seda ülesannet lahendab samuti teadus kolloididest.

Puistake vette söepulbrit, valage peale natuke bensiini ja loksutage segu hästi läbi. Kui segu on selginenud, näete, et alumises kihis on puhas vesi, aga kerge, veega mittesegunev bensiin tõuseb veepinnale ja kisub endaga kaasa kogu söe (joonis 7,a). Kuid kui võtate söe asemel savipulbri ja talitate temaga samuti, siis savi jääb vette, aga peale koguneb puhas bensiin (joonis 7,b). Miks on see nii?

„Siin pole midagi imeks pandavat!“ võib vastata lugeja, „süsi on savist kergem ja loomulikult tõuseb

see veepinnale, kuid rasked saviosakesed vajuvad järkjärgult põhja."

Ei, siin ei seisa asi mitte selles, et süsi on savist kergem. Võib teha ka nii, et kerged söeterakesed asuvad alumises kihis, aga savi — ülemises. Asendame oma katsete bensiini kloroformiga. Ka see vedelik ei segune veega, kuid on sellest raskem. Katsume loksutada korraga vett, kloroformi, savi ja sütt. Pärast vedelikkude selginemist on meie pulbrid väga rangelt sorteeritud! Süsi esineb alumises kihis, kloroformis, kuid saviosake-



Joon. 7. Süsi märgub bensiiniga või kloroformiga, kuid savi — veega.

sed asetsevad üleval veekihis (joonis 7,c). Tulebki välja, et raskemad saviosakesed asetsevad kergemate söeterakeste peal. Tähendab, seletada esimest katset osakeste erinevate raskuste põhjal ei saa.

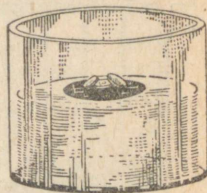
Millised jõud siis kisuivad raskemaid saviosakesi kaasa ülemisse kihti? Kohesioonjõud molekulide vahel, mida me juba mainisime, kui jutustasime adsorptsioonist.

Nii kloroformi molekulid kui ka bensiini molekulid tõmbuvad väga tugevasti söeterakeste pinna külge. Kohates terakest, märgavad nad seda kiiresti ja kisuivad endaga kaasa. Vesi aga vastupidi ei märga sütt, nagu ta ei märga vaha, parafiini, ükskõik missugust rasva. Üksikute vee molekulide vahelised kohesioonjõud on tunduvalt suuremad kui vee molekulide külgetõmbejõud söe külge. Näib nii, nagu tõukaksid vee molekulid söeterakesed välja, kuid bensiin või kloroform võtavad neid meelsasti oma keskkonda vastu. Sellepärast meie katsetes leidus süsi kas bensiinikihis või kloroformikihis.

Saviga toimub asi teisiti. Tema üldse ei märgu ei ben-

siiniga, ei kloroformiga, kuid seevastu kattub kergesti vee molekulidega. Seepärast satuvadki saviosakesed veekihti.

Mittemärguvate osakeste vedelikust väljatõukamise jõud on väga suured. Asetage ettevaatlikult puhta vee pinnale žiletitera või õhukese raudlehe tasapinnaline kettake läbimõõduga 12—15 sentimeetrit, mis on väga õhukese rasvakihiga määritud (jätkub sellest, kui žiletitera või kettakese pind sõrmega üle tõmmata) — need ei vaju põhja, vaatamata sellele, et raud ja teras on peaaegu 8 korda veest raskemad. Vähe veel sellest — kettakesele võib ettevaatlikult asetada mõned kopikalised metallrahad ja kogu see koorem (joonis 8) lamab veepinnal!



Joon. 8. Õhukese rasvakihiga määritud raudleheke võib püsida veepinnal.

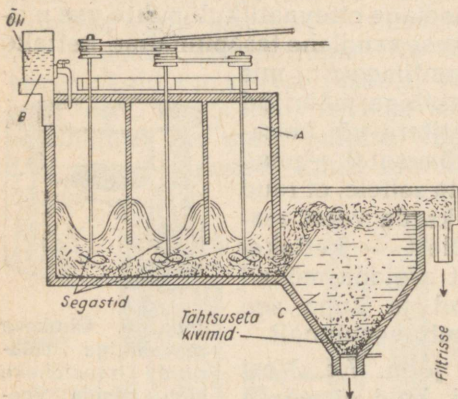
Vaadake veel kord joon. 7,c. Vesi „valivalt“ märgab savi, kuid ei märga sütt. Kloroform samuti märgab valivalt, kuid ainult sütt. Tänu sellele õn-

nestus meil neid kahte pulbrit teineteisest eraldada. Kas ei saa nii eraldada ka väärtuslikke maake tähtsusetutest kivimitest, kasutades samuti valivat märgamist? Välja valida kaks mittesegunevat vedelikku, oletame vesi (see märgab hästi tähtsusetuid kivimeid) ja mingisugune õli, mis märgab kasulikke mineraale, peenestada maak, loksutada seda vee ja õli seguaga, pärast settimist ülemine kiht maha valada ja eraldada õlist rikastatud väärtuslik kivim.

Muidugi on see võimalik, kuid siin tekib teine raskus. Kujutage ette, kui palju õli oleks vaja selleks „rikastamiseks“. Rikastatakse ju iga aasta kogu maailmas sajad miljonid tonnid maaki!

Kas on tarvis siis suurt hulka õli? Ometi teame, et on küllalt õhukesest rasvakihist raudplaadikesel, et see ujuks veepinnal. Tähendab, vesi võib ka mineraali kerged terakesed üles välja tõugata, kui nende pinnal on kas või väga õhuke õlikiht. Tarvis on ainult osata seda ökonoomselt peale kanda. Seda ülesannet, nagu me juba ütlesime, aitab meil lahendada teadus kolloididest. On ju võimalik õli pihustada kõige õhemateks kiledeks, mis on üksteisest eraldatud õhumullikestega. Rääkides

teisiti, õlist on võimalik saada kolloidset süsteemi — vahtu. Õlivahu kilede hiiglasuurele pinnale võib koguda suurel hulgal väärtusliku mineraali terakesi. Sellise lihtsa viisi juures väheneb maagi rikastamiseks vajalik õlikulu palju.



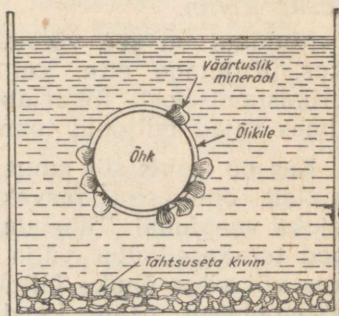
Joon. 9. Flotatsioonimasina töö lihtsusutatud skeem.

jum vees; siia lisatakse paagist B natuke õli (männi, siberikuuse). Spetsiaalsed segistid imevad kiire pöörlemise juures vedelikku suure hulga õhku. Vedelik segatakse läbi ja selles moodustub väga palju õli-vahtu. Imeõhukesed vahukiled korjavad mõne minuti jooksul oma pinnale väärtusliku kivimi pisikesed terakesed (joonis 10). Vaht ja vesi väljuvad kambrist kasti C, kus tähtsuseta kivimid sadestuvad rahulikult põhja, aga vahumullikesed tõusevad kergesti üles (nimetus „flotatsioon“ ise tuleb sõnast „ujuma“).

Pärast seda juhitakse vaht spetsiaalsetele filtritele, mis eraldavad õi mineraalist. Nii saadakse maagi „kontsentraat“. Kasulikku mineraali on temas kümned korrad rohkem kui lähtekivimis.

Rikastamise protsessi ennast — flotatsiooni — teostatakse spetsiaalsetes flotatsioonimasinates. Rikastamise protsessi skeem ühes sellise masinaga on näidatud joonisel 9. Vaadake, kuidas töötab selline masin.

Kambrisse A tuleb peenikeseks jahvatatud kivimi hel-



Joon. 10. Õlivahu õhuke kile adsorbeerib segust väärtusliku mineraali osakesi.

Meil Nõukogude Liidus töötab palju floteerimis-rikastamisvabrikuid. Nad rikastavad vase-, hõbeda-, tina-, tsingi- ja teisi maake.

## 8. KOLLOIDOSAKESSED JA VALGUS

Selles peatükis me vaatame, kuidas käituvad kolloid-osakesed valguse suhtes. Kolloidide optiliste omaduste uurimine viis teadlasi uue seadme — ultramikroskoobi — avastamisele. Ultramikroskoobi abil sai teadus kolloididest esimest korda võimaluse vaadelda üksikuid osakesi ja tänu sellele täpsemalt uurida kolloidseid süsteeme.

Kujutleme, et me asume toas, mis on täis eredat valgust. Õhk selles näib meile puhtana. Kuid kui päikesekiir pääseb tuppa läbi aknaluugi pilu või läbi mittetihe- dalt ettetõmmatud aknaeesriide, siis üllatume: kui palju tolmu on õhus, mida me sisse hingame! Valguskiire heledas joas keerleb, hõljub ühelt küljelt teisele loendamatul hulgal tolmutükke. Neid tolmutükke võime näha ainult siis, kui me ei asu akna vastas, vaid küljel.

Mispärast on selline tingimus tarvilik?

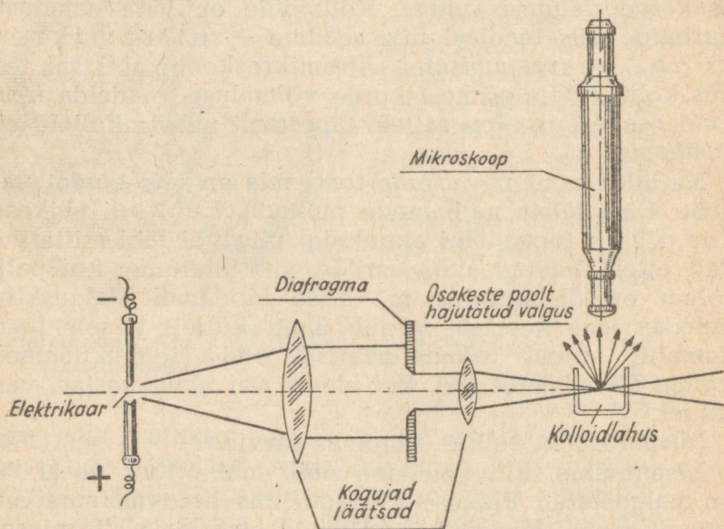
Meenutame, kui heledana näib meile Kuu öösel. Ta on valgustatud Päikese kiirtega, mis liiguvad maailmaruumis meie „kõrvalt“ ja ei lange otse meie silmadesse. Maa peale langevad ainult need kiired, mis peegeldusid Kuu pinnalt ja sellepärast näib Kuu meile eredana. Päeval see võimas Päikese kiirte vool varjutab Kuu sära (selgel päeval saadab Päike Maale peaaegu pool miljonit korda rohkem valgust kui Kuu) ja taeva heledal tagapinnal me vaevalt eraldame tema kahvatut ke- tast. Tähti me üleüldse ei näe, kuna isegi meie taeva kõige hiilgavama tähe — Siiriuse — valgus on miljar- did korrad nõrgem Päikese valgusest.

Sedasama võime öelda ka tolmutükete kohta. Neilt peegeldunud valgus on selleks liiga nõrk, et me võiksime neid näha akna heledal tagapõhjal. Kuid kui me seisame akna kõrval, läheb valgus me silmadest mööda ja sel korral on tolmutüked nõrgalt valgus- tatud seina tagapinnal hästi nähtavad.

Teisiti on asi väikeste tolmutükete, kolloidsete mõõdetega tolmutükete. Need tolmutüked

hajutavad neile langevat valgust igasse külge. Selliseid pisikesi tolmukübemeid ei saa muidugi eraldada isegi mustal tagapinnal. Kuid me näeme neid hästi kõiki koos — valguse tee heledal alal.

Lugeja on kahtlemata pannud tähele, kuidas udusel õhtul on selgelt näha valgustatud akna või tänavalaterna kiirte tee; kuidas mõnikord päikest varjavast pil-

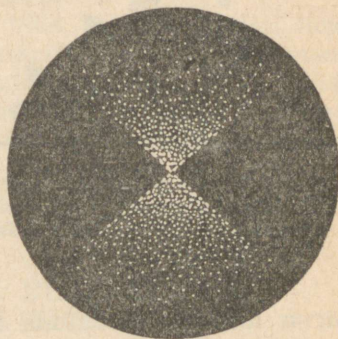


Joon. 11. Ultramikroskoobi skeem.

vest löövad välja terved vihud heledaid vooge. Kõik see on kolloidsetelt veetilgakestelt valguse hajumise tulemus. Ka vedelad kolloidsed süsteemid hajutavad valgust. Kui näiteks juhtida kitsas valguskiirte kimp mingisuguse metalli kolloidlahusele, siis on valguse tee lahuses selgesti märgatav. Kui aga valgusekimp läheb läbi puhta vee või tõelise lahuse, ei ole kiir vedelikus üldse nähtav. Kiiri, mis lähevad läbi puhta, läbipaistva õhu, me samuti ei näe. Selle põhjal võib järeldada, et valguse hajumine on kolloidsete süsteemide iseloomulik tunnus.

On kindlaks tehtud, et erineva värvusega kiired, s. o. teiste sõnadega, erineva pikkusega lained, hajutatakse kolloidosakeste poolt erinevalt. Violetid ja sinised kii-

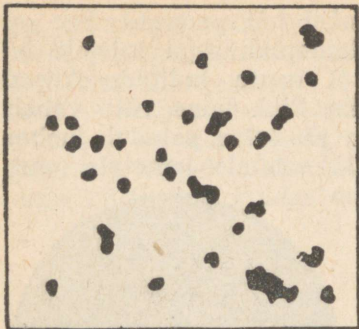
red hajuvad rohkem kui oranžid või punased. See on seotud sellega, et suurema lainepikkusega kiirtele — oranžidele ja punastele — ei osutu kolloidosakesed tähelepanuväärivaks takistuseks. Pikk laine võib vabalt painduda ümber osakese, nagu jõe laine paindub ümber peenikese kõrkjavarre. Kuid lühematele lainetele, sinisele ja violetsele, on kolloidosake juba liiga suur. Painduda ümber sellise osakese sama vabalt nagu seda teevad pikad lained, nad ei saa. Sellepärast hajutavad kolloidosakesed sinist ja violetset valgust igasse külge. Sellega seletatakse ka seda huvitavat asjaolu, et kui me näiteks vaatame, võrreldes langeva valgusega, pruunile hõbedasoolile külje pealt, siis näib see meile helesinakanane, kuna lahusest langevad meie silmadesse ainult need kiired, mida osakesed hajutasid. Aga lahust läbinud valguses on peamiselt punased ja oranžid kiired.



Joon. 12.

Kuid nüüd me võime esitada sellise küsimuse. Me juba teame, et kolloidsete mõõdetega osakesi mikroskoobis näha ei saa. Kuid võib olla, et see pole võimalik samal põhjusel, mille pärast me päeval ei näe tähti? Tõepoolest, harilikus mikroskoobis on valgus juhitud otse vaatleja silma. Vaateväli on väga eredalt valgustatud. Ja muidugi, ereda välja poolt pimestatud silm ei ole võimeline märkama kolloidosakese poolt hajutatud nõrka valgust. Kuid mis siis, kui rakendada mikroskoobis külgvalgustust, samasugust, mille juures me toas nägime tolmu kübemeid? Sellisel korral valgusallikast tulev valgus ei lange otse silma ja võib olla, et me eraldame valguse teel üksikuid kolloidosakesi? Sellele mõttele tulid teadlased käesoleva sajandi algul ja 1903. aastal ehitati külgvalgustus- ehk ultramikroskoop. Sellise seadme skeem on kujutatud joonisel 11.

Elektrikaare valgus juhitakse väikesse klaasikesse, milles on kolloidlahus. Kohates teel kolloidosakesi, hajutatakse ta nende poolt igasse külge. Mikroskoopi langeb



Joon. 13. Nii paistavad hõbeda kolloidosakesed elektronmikroskoobis (sada tuhat korda suurendatud).

ainult see hajutatud valgus. Vaatame nüüd mikroskoobi okulaari. Meie ees avaneb huvitav pilt: mustal foonil kord kaovad, kord ilmuvad uuesti säntendavad täpid (joonis 12). See on valgus, mis on hajutatud üksikute kolloidosakeste poolt. On õige, et osakesi endid meie ei näe, — nad on liiga väikesed, — kuid vaatamata sellele lubas ultramikroskoop lahendada palju tähtsaid küsimusi: ära lugeda osakeste

arvu lahuses, arvutada nende suurust, tundma õppida osakeste liikumist, teha mõned järeldused osakeste ehituse kohta ja isegi määrata nende kuju.

„Aga kas on mõtet rääkida osakeste kujust, milliseid me isegi ei näe ja ainult osakeste valgussignaali järgi aimame nende olemasolu?“ küsib lugeja.

Jah on. Oletame, et meie osakesed omavad kera kuju. Sel juhul, kuidas selline osake ka end lahuses ei pööraks, langeb temale alati ühesugusel hulgal valgust ja osake saadab ühesuguse osa valgust okulaari. Sellepärast peame neid kerakesi ultramikroskoobis nägema mittevirvendavate täppidena. Kuid kui osakesed omavad pulgakeste või plaadikeste kuju, näeme juba teistsugust pilti. Kui pulgake keerab end langevale valgusele põigiti, hajutab ta palju valgust ja me näeme eredalt hiilgavat täppi. Kui aga pulgake asetseb piki valguskiire suunda või mikroskoobi vaateväljale risti („seisab“ lahuses), satub silma vähem valgust ja hiilgav täpik on vähem ere. Sellepärast näivad pulgakesed ja plaadikesed meile virvendavate täpikestena.

Nüüd kujutleme, et ultramikroskoobis on näha virvendavad täpikesed. Kuidas saada teada, kas need on pulgakesed või plaadikesed? Selle küsimuse lahendamiseks tuleb ultramikroskoobis vaadelda voolavat lahust. Ja kui osakesed omavad pulga kuju, siis on vaateväljas selgesti näha hiilgav siiditaoline juga. See tekib

sellepärast, et osakesed-pulgakesed asetsevad voolavas joas samuti nagu jões ujuv palk — piki voolu suunda ja me näeme heledaid voolavaid niite. Seda nähtust võib vaadelda ka palja silmaga: voolav seebilahus näib meile siiditaolisena. Eriti hästi on seda märgata siis, kui vees on lahustatud palju seepi.

Kõigest 18 aastat tagasi, 1934. aastal, ehitati uus suurepärase aparatuur — elektronmikroskoop. Selle aparatuuri abil õnnestub näha osakesi, mis on 100 korda väiksemad kui harilikus mikroskoobis nähtavad osakesed. Ja nüüd võime näha mitte ainult kolloidosakesi, vaid isegi nende „looteid“.

Elektronmikroskoobis saadud hõbedasooli kolloidosakeste fotopilt on kujutatud joonisel 13.

## 9. KOLLOIDOSAKESTE ELEKTRILISED OMADUSED JA E HITUS

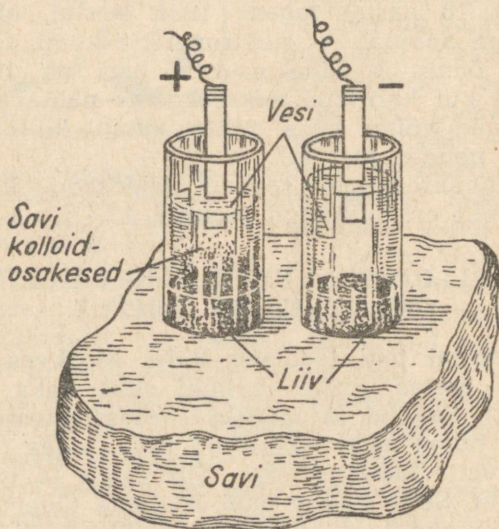
1807. aastal tegi teadlane Reiss Moskvas järgmise katse. Ta asetab niiske savitüki sisse kaks klaastoru (joonis 14). Saadud savipõhjana klaasikestesse raputas ta vähese hulga hästi läbipeetud liiva, valas peale vett ja laskis vette metallplaadid. Siis juhtis ta plaatidesse elektrivoolu. Selle juures pani teadlane tähele, et positiivse poolusega torus ilmus hääu. Need olid saviosakesed, mis tunqisid läbi liiva positiivselt laetud plaadile. Samal ajal tõusis negatiivse poolusega klaasis veepind.

Hiljem sooritasid paljud teadlased samasuguseid katseid kõige mitmekesisemate kolloidlahustega. Selle juures nägid nad alati, et kolloidosakesed asusid ümber ühele või teisele patarei poolusele. Sellist osakeste voolu abil ülekandmist nimetatakse elektrofooresiks.

Milles seisab selle nähtuse põhjus? Nagu teada, tõmbuvad teineteise külge ainult erinimeliselt laetud kehad. Kui saviosakesed lähevad positiivsele poolusele, siis tähendab see seda, et nad on negatiivselt laetud. Vesi aga nähtavasti omandab positiivse laengu, kuna ta koguneb negatiivse pooluse ümber.

Osutub, et kolloidosakeste üheks kõige tähtsamaks iseärasuseks on see, et nad peaaegu alati kannavad endaga elektrilaengut. See mängib suurt osa meie tegelikus elus. Esitame mõned näited.

Telliskivide mehhaniseeritud valmistamise juures kasutatakse ühte lihtsat operatsiooni. See on selles, et niiske savipruss lõigatakse traadi abil üksikuteks tellisteks. Vaatamata oma lihtsusele annab see lõikamine sageli praaki. Savi hakkab traadi külge kinni ja selle asemel, et lõigata, traat muljub ja purustab prussi. Tel-



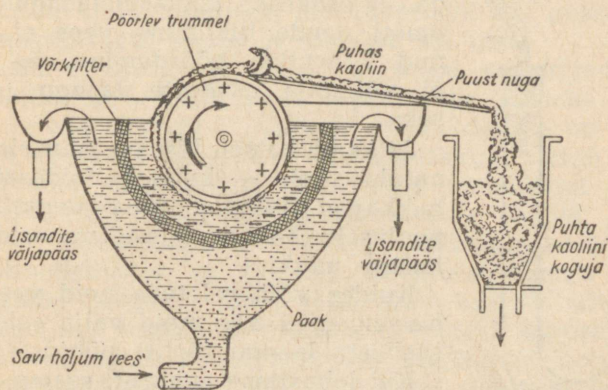
Joon. 14. Reissi katse. Saviosakesed suunduvad positiivsele poolusele.

lise servad tulevad ebatasased, auklikud. Et vältida savi traadi külge kleepumist, kasutatakse määret, mida tuleb vahetpidamata uuendada. Kuid on ka võimalik läbi saada ilma spetsiaalse määrdega.

Selleks tuleb ühendada lõiketraad vooluallika negatiivse poolusega ja savipruss — positiivsega. Siis hakkab traat lõikama kergelt ja puhtalt. Sellise lõikamise juures kulutatakse palju vähem energiat. Seda seletatakse sellega, et saviosakesed, nagu juba rääkisime, kannavad negatiivset laengut, nad tõukuvad eemale traadist, mis on samuti laetud negatiivselt. Traat aga kattub hea määrdega — õhukese veekihi.

Selle raamatu algul me rääkisime puhta savi saamisest uhtmise teel. See meetod on liiga aeglane ja nõuab

suuri reservuaare. Täiesti puhast valget savi, mis on vajalik portselanitööstuses, võib saada palju lihtsamalt. On vaja ainult ära kasutada savi kolloidosakeste elektrilaengut. Seda tehakse järgmiselt. Vees uhitud savi pumbatakse torude kaudu paaki, milles pöörleb suur tinast trummel (joonis 15). Trummel on ühendatud voo-



Joon. 15. Kaoliini puhastamise elektriline meetod.

luallika positiivse poolusega; metallvõrgu külge, mida kasutatakse filtrina, on viidud negatiivne poolus. Savi kolloidosakesed sadestuvad trumlile ja võetakse sealt maha puust noaga. Lisandid ja jämedad osakesed jäävad paaki ja kantakse sealt kõrvaltorude kaudu veega välja.

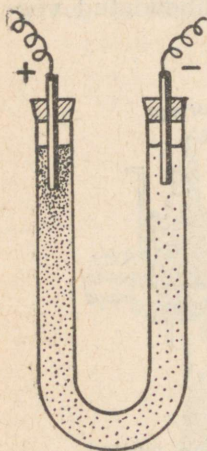
Kasutades kolloidosakeste elektrilaenguid, võib eraldada kautšukit kautšukitsisaldavate taimede mahlast, puhastada vett kolloidsetest lisanditest, eraldada valke suhkrusiirpist jne.

Kust saavad kolloidosakesed laengu?

Algul teadlased oletasid, et laeng tekib osakestel nende hõõrdumise juures vee vastu. Kuid varsti avastati huvitav nähtus, mis lükkas ümber niisuguse oletuse. See seisab alljärgnevas.

Vaadake joonisele 16. Painutatud torusse valati kulla kolloidlahust, sinna lasti sisse traadid, mis on ühendatud vooluallika poolustega. Kullaosakesed asusid ümber positiivsele poolusele. See on hästi märgatav vasakus harus vedeliku tumedamast värvusest. Tähendab, kol-

loidosakeste laeng on negatiivne. Kuid kui lisandada torusse väga vähe (grammi sajatuhandikud osad) alumiiniumsulfaadi lahust, aeglustub osakeste liikumine positiivsele poolusele. Lisandame veel natuke soola ja me näeme, et osakesed lakkasid poolustele ümber asu-



Joon. 16.

mast. Seda võib seletada ainult sellega, et osakesed kaotasid laengu. Kuid ometi nende liikumine vees ei lakanud. Täheandab, hõõrdumine vee vastu ei või olla osakeste laengu põhjuseks.

Jätkame katset. Lisame lahusele veel natuke soola — kulla kolloidosakesed hakkavad liikuma juba negatiivsele poolusele. Täheandab, nad muutsid oma laengu märki.

Kuidas võib seletada neid vaatlusi? Kas need ei aita meid välja selgitada osakeste laengu tõelist põhjust?

Kui lahustame suhkrut, saame molekulaarse lahuse — vees asuvad üksikud suhkru molekulid. Kuid on olemas palju aineid, niinimetatud elektrolüüte, mille molekulid lahustamise

juures lagunevad elektriliselt laetud osakesteks — ioonideks. Näiteks keedusoola molekulid koosnevad naatriumi aatomist ja kloori aatomist ning lahustamisel lagunevad positiivselt laetud naatriumi ioonideks ja negatiivselt laetud kloori ioonideks. Samuti lagunevad lahustamisel alumiiniumsulfaadi molekulid, mida me lisandasime kulla kolloidlahusele. Lahuses leiduvad positiivsed alumiiniumi ioonid.

Mis siis juhtub, kui hakkame lisandama kulla kolloidlahusele alumiiniumsoola? Kulla osakesed on laetud negatiivselt. Täheandab, nad hakkavad enda külge tõmbama alumiiniumi ioone. Sellepärast väheneb ka nende laeng järk-järgult; samaaegselt väheneb ka nende liikumise kiirus positiivsele poolusele. Peatselt tuleb silmapilk, millal kulla kolloidosakesed muutuvad elektriliselt neutraalseteks.

Kuidas aga seletada, et meie katse juures kolloidosakesed muudavad oma laengu? Ometi ei või elektriliselt neutraalsed osakesed ju enam külge tõm-

mata positiivseid ioone. Jah, kuid osutub, et nad võivad adsorbeerida alumiiniumi ioone ja sel teel omandavad positiivse laengu.

Kuid nüüd me võime vastata ka küsimusele kolloid-osakeste esialgse laengu põhjuste kohta. Kolloidlahuste saamise juures leiduvad vedelikus alati elektrolüüdid. Tekkivad kolloidosakesed adsorbeerivad kas positiivseid või negatiivseid ioone ja laetakse sel teel.

Niisiis ei osutu see, mida me kogu aeg nimetasime „kolloidosake“, mitte mingisuguse aine lihtsaks väikeseks terakeseks või tilgakeseks. Kolloidosake on küllaldaselt keerukas moodustis. Tema keskkohas asub pihustatud aine molekulidest tuum, kuid ümberringi asetsevad ühed või teised laetud osakesed — ionid. Nii on ehitatud metallide, söe, väävli jt. kolloidosakesed.

Kolloidlahustes ei õnnestu osakeste laengu märgi muutmine kaugeltki mitte alati. Enamikul juhtudel isegi mingisuguse soola tähtsusetu hulk kutsub lahuses esile suuri muudatusi: kolloidosakesed kogunevad helvesteks ja eralduvad lahusest ning kolloidne süsteem puruneb. Vältida osakeste neutraalset olekut ja anda neile vastupidise märgiga laeng on väga raske järgmistel põhjustel.

Igas lahuses on kõik kolloidosakesed laetud ühtemoodi: kõik nad omavad kas positiivse või negatiivse laengu. Ja seni kuni laeng säilitatakse, tegutsevad osakeste vahel elektrilised tõukejõud; need takistavad neid ühte liitumast. Mida suurem on osakeste laeng, seda püsivam on kolloidne süsteem. Kuid niipea kui osakesed muutuvad neutraalseteks, ei takista neid miski kokkupõrkamise juures kergelt üksteisega ühinemast suuremateks osadeks. Sellist üksikute osakeste ühinemisprotsessi nimetatakse koagulatsiooniks. Kolloidide koagulatsiooniga tuleb meil sageli kokku puutuda.

Lugeja on tõenäoliselt juhtunud vaatlema sellist nähtust: peaaegu tühja tindipotti valate uuest pudelist juurde värsket tinti ja äkki avastate tindipotis sogast vett ja mäardunud helbeid. Mis siis tindiga juhtus?

Tint kujutab endast enamasti värvide kolloidlahuseid. Mitmesuguste värvide kolloidosakesed juhtuvad olema erinevalt laetud; nad on kas positiivsed või negatiivsed. See oleneb värvi keemilisest koosseisust. Ja kui te saite tindipotis sogase vedeliku ja sademe, siis põhjus

on selles, et pudelis oleva tindi osakesed omasid ühesuguse laengu, tindipotis aga teistsuguse laengu. Eri-nimelise laenguga osakesed ühinevad segunemisel kergesti helvesteks ja meil ei jää muud üle kui ainult tindipoti sisu välja valada.

Tušši ei tule hoida külma käes. Tuletage meelde hoiatavat pealkirja etiketil: „Hoidke külma eest“. Mis võib tuššiga juhtuda selle jahtumisel? Tušši valmistatakse ju tahmast.

Asi seisab selles, et kui asetada tušš külma kätte, hakkab vesi selles külmuma. Selle juures jääb osale kolloidosakekestest ikka vähem ja vähem lahustit. Jää kasvavad kristallid suruvad tahma kolloidosakesed üksteise vastu ja lõppude-lõpuks toimub nende koagulation. Tušš muutub tarvitamiskõlbmatuks.

Sadade ja tuhandete kilomeetrite ulatuses kannab jõgi oma vett. Oma teel uhub vesi kaldaid, sogastub põhjasadestusega ja kisub kaasa tohutud hulgad mitmesuguseid pisikesi heljumeid ja mitmesuguste ainete kolloidosakesi. Kuni jõgi voolab oma süngis, ei sadestu need osakesed. Kuid siin on juba jõesuu. Võimsa veevooluga voolab jõgi merre. Ja niipea kui mage vesi seguneb mereveega, sadestuvad jõe poolt kaasatoodud ained. Mispärast see toimub?

Merevees on lahustunud palju mitmesuguseid sooli. Nende soolade ioonid ühinevad jõe poolt kaasatoodud laetud osakestega. Osakesed kaotavad laengu, ühinevad suurteks helvesteks ja sadestuvad kiiresti. Ja mida rohkem on meres sooli, seda kiiremini toimub koagulation. Seepärast koguneb merre suubuvate jõgede suudmete lähedale põhja palju muda, tekib arvukaid saarekesi ja madalikke. Nii on kujunenud paljude meie jõgede deltid.

Jõgede ja järvede mustunud vett puhastatakse, enne kui see läheb vesivarustuse võrku. Sadestamisega võib vabaneda ainult jämedatest heljumitest. Kuid selleks, et eemaldada veest kolloidosakesi, on tarvis kasutada teisi meetodeid.

Alati kannavad kolloidosakesed vees negatiivset laengut. Selleks, et neid vabastada laengust, lisandatakse vette natuke alumiiniumi- või rauamaarjast (nende soolade positiivsed ioonid omavad suuri laenguid). Siis kolloidid koaguleeruvad. Pärast seda filtreeritakse vett

läbi liiva või mõne teise filtri ja lastakse vesivarustuse võrku.

Me juba kõnelesime, et kulla kolloidlahuse koagulationiks on tarvilikud tühised soola hulgad. Kuid täiesti teistsugust pilti näeme sel korral, kui võtame mingisuguse valgu kolloidlahuse või seebi kontsentreeritud lahuse. Eelkõige ei ähvarda osakeste laengu hävitamine millegagi seda lahust, see jääb peaaegu sama püsivaks nagu oli enne elektrolüüdi lisandamist. Ja selleks, et eraldada seepi lahusest sademena, on tarvis suur hulk soola (näiteks seebitööstustes seebi „väljasoolamise“ juures lisandatakse lahusele suurel hulgal keedusoola).

Selline püsivus on üldse iseloomulik kõigile looduslikele kolloididele. Mis siis nii visalt kaitseb neid osakesi ühinemast? Osutub, et nende ainete osakesed on võimelised väga tugevasti vett oma pinnal kinni hoidma. Tänu sellele moodustub iga osakese ümber veekile, omapärane soomus, mis hästi kaitseb osakest isegi sel juhul, kui see kaotas oma laengu. Nende ainete niisugust suurt sugulust veega võib tõestada neist kolloidlahuste saamise meetod. Sest on ju küllaldane, näiteks, valada tükike kummiaraabikumi veega üle, kui selle osakesed vabatahtlikult lähevad vette üle. Sellised kolloidid said niisuguse omaduse tõttu nimetuse hüdروفиилсed („hüdofiil“ tähendab „vettarmastav“).

Kui lahusest seep välja aetakse, siis ta ei moodusta sellist tihedat pulbrit, nagu annavad sadestumisel kulla osakesed. Saadakse tardetaoline sade, mis lahusest on kaasa kiskunud märkimisväärse veehulga. See on jällegi hüdروفиилсuse tulemus. Hüdروفиилсe kolloidi sadet võidakse jällegi lahusesse üle viia, on vaja ainult vett juurde lisada.

Kuid sellise lihtsa meetodi järgi viia lahusesse osakesi, mis on sadestatud mingisuguse metalli kolloidlahusest, ei ole võimalik. Need osakesed ise ka ei kisu endaga koagulationi juures vett kaasa. Nende sugulus veega on väike. Sellepärast nimetatakse kolloidlahuseid, mille osakesed ei oma veekilet ja kannavad endaga ainult laengut — hüdروفообсетекс („hüd-rofoob“ tähendab „vett mittearmastav“).

Kunstlikult saadavad kolloidid on enamikul juhtudel hüd-rofoobsed ja purunevad kergesti soolade juurdelisa-misel. Kuid juba ammu pandi tähele väga huvitavat

nähtust. Kui hüdrofoobsele sooli lahusele, näiteks hõbedasoolile, lisandada natuke mingisugust hüdrofiilset kolloidi, näiteks valku, siis sooli püsivus tõuseb. Valgu molekulid adsorbeeruvad hõbeda kolloidosakeste pinnale ja kaitsevad neid kindlalt kokku liitumast. Hüdrofiilsete ainete (želatiin, valgud, liim ja teised) kaitsev omadus omab hiiglasuure praktilise tähtsuse. Kasutades sellist kaitset, on võimalik saada väga püsivaid hüdrofoobseid kolloide — mitmesuguseid ravipreparaate (kolloidne hõbe, kolloidsed elavhõbeda ja vismuti soolad), tušše, grafiitmäärdeid jne.

## 10. SUITS, TOLM JA UDU

Seni me kõnelesime peamiselt vedelikus jaotunud kolloidosakestest. Tutvume nüüd selliste süsteemidega, milles osakeste keskkonnaks on gaas ja õhk. Need on suits, tolm ja udu.

Meid ümbritsev õhk ei ole kunagi täiesti kuiv. Temas leidub alati veeauru. Seda on eriti palju mere kohal. Peale veeaurude ja veepiiskade on atmosfääris peaaegu alati palju pisikesi tahkeid osakesi. Korstnatest tulevad tuha- ja tahmaosakesed, tuulest õhku tõstetud maapinnaosakesed, väikesed soolakristallikesed, mis moodustuvad merelainete pritsmetest, lõpuks planeetidevahelisest ruumist ja meteoriitide purunemisel õhku sattuv tolm — need kõik on õhu prügistumise allikad.

Õhus hõljuvad veepiiskakesed moodustavad udu ja pilvi, kuid tahked osakesed — suitsu ja tolmu.

Eraldada udu suitsust või tolmust ei tekita erilist raskust. Kuid kuidas eraldada suitsu tolmust?

Me oleme harjunud neid kahte süsteemi eraldama väga lihtsalt — nende päritolu järgi. Nii me ei räägi ju kunagi: „korsten ajab tolmu välja“ või „tee peal on suitsu“. Tõepoolest, kui me oleksime näinud, ütleme, et tuul ajaks maapeal olevast kuhjast tuhka ja tahma laiali, siis ei nimetaks me seda mitte suitsuks, vaid tolmuks. Muuseas, nimelt need osakesed kannavadki endaga kaasas põlevast ahjust väljuvaid gaase. Sel juhul on õige öelda, et nii tolm kui ka suits võivad koosneda ühtedest ja samadest ainetest. Kuid harilikult

loetakse, et tolmukübemed on suitsuosakekestest suuremad. Kui osakese suurus on üle tuhandiku sentimeetri, siis on see tolmukübe. Kui aga osakesed omavad kolloidseid mõõteid, siis on see juba suits.

Tolmuosakesed asuvad kolloidide piirkonnast taga-pool. Kuid kolloidosakestega ühendavad neid paljud sarnased omadused, esmajoones nende suur pind. Sellepärast omab tolm samuti oma koha teaduses kolloididest.

Suitsu, tolmu ja udu värvus ei olene mitte ainult õhus olevate osakeste arvust, vaid ka nende osakeste suurus-est. Nii on vabriku korstnatest väljuv suits, milles on palju suuri osakesi, alati tume. Umberpöördult, ereda leegiga põlevate puude suits või töötava sisepõlemis-mootori suits on harilikult helesinakat värvi, peaaegu läbipaistev seepärast, et osakesed selles on väga väikesed. Samuti võib ka varahommikune tihe udu päikesetõusu ajal muutuda täiesti läbipaistvaks, kuna udupii-sakesed järk-järgult ära auravad ja mõõdetelt vähe-nevad.

Suitsu, tolmu ja udu osakesed liiguvad õhus palju vabamalt kui kolloidosakesed vedelikus. Sellepärast võivadki sellised osakesed tõusta väga kõrgele. See on arusaadav: õhk on vähem sitke kui ükskõik milline vedelik ja osakesed ei kohta oma teel märkimisväärset takistust.

Suured osakesed ei või õhus kaua püsida. Osakesed, mille läbimõõt on ligikaudu tuhandik sentimeetrit, langevad ühes tunnis umbes 10 meetrit allapoole. Sellepärast nad ka ei lenda oma tekkimiskohast kaugele. Selle-eest aga püsivad väikesed osakesed õhus kaua ja võivad läbida pika tee. Nii võib kergelt suitsuvina näha mitme nädala vältel kümnete ja sadade kilomeetrite kaugusel metsatulekahju kohtadest. Vabrikute korstnatest väljuv tahm võib soodsa tuule juures sooritada sadade kilomeetrite pikkuse reisi, kuid peenike vulkaaniline tolm võib õhu ülemistesse kihtidesse jääda püsima paljudeks aastateks ja sooritada selle aja jooksul rohkem kui ühe reisi ümber maailma! Näiteks, 1883. aastal vulkaani Krakatau (India ookeani idaosas) purskamisel paiskusid atmosfääri hiiglasuured peenikese tolmu hulgad. See tolm moodustas ümber Maakera, suurel kõrgusel, kihi, mis säilis rohkem kui viis aastat!

Kesk-Euroopa kohal leiti õhus õietolmu lilledelt, milised kasvavad ainult Aafrikas ja Lõuna-Ameerikas.

Pisikeste osakeste pikaajaline õhusreisimine on täiesti arusaadav. Ühe kümnetuhandiku sentimeetri suurusega tolmutükibemed langevad tunnis ju ainult sentimeetrit kümme. Kuid osakestele, mille läbimõõt on alla saja-tuhandiku sentimeetri, mõjuvad juba igavesti liikuvate õhumolekulide löögid. Nende löökide mõjul üksikud tolmutükibemed kord tõusevad, kord langevad, kord lendavad laiali. Nende langemise kiirus osutub tähtsuse-



Joon. 17. Suitsupadrunitte põlemisel tekib suitsukate.

tuks. Kuid kui võtta arvesse, et õhk asub pidevas liikumises, siis ei ole imekspandav, et sellised pisikesed tolmutükibemed võivad atmosfääris rännata määramata kaua aega.

Kuid siin tekib küsimus: kui tolmu tekib kogu aeg ja väikeste osakeste arv õhus pidevalt kasvab (väikesed osakesed ei lange alla!), miks me siis senini näeme sinist taevast? Paljude miljonite aastate jooksul oleks taevas jõudnud ju kattuda peenikese tolmu pilvedega!

Vastus sellele on väga lihtne. Tuletage meelde, et ämbri põhjal, milles sulatatakse lund või on korjatud vihmavett, on alati kaunis suur hulk sadet. Need on tolmutükibemed, mis on õhust vihmapiiskade või lumehelvete poolt kaasa toodud.

Kui õhk on veeauruga küllastatud, tekivad temas üli-väikesed veetilgakesed (või jääkristallikesed, kui õhu temperatuur on madal). Sellised tilgakesed auruvad väga kiiresti. Kuid kui need adsorbeeruvad õhus hõljuva tol-  
mukübemekese pinnale, siis tekib korrapealt palju suu-  
rem tilgake. See aurab juba aeglasemalt, temaga ühi-  
nevad uued veemolekulid ja tilgake kasvab järk-järgult.  
Ehituselt tuletab see meelde pähkliit: sees istub tolmu-  
kübe, aga väljast ümbritseb teda veest „pähklikoor“.  
Nii tekibki udu; samuti tekivad vihmapiisad, lumehel-  
bed, rahe.

Vihmapiisa kaal on juba niivõrd suur, et piisk langeb  
väga kiiresti alla. Sellejuures haarab tilk tee peal teisi  
tolmukübemeid ja langeb nendega koormatult maapin-  
nale. Sellepärast on õhk pärast vihma puhtam ja läbi-  
paistvam.

Veeaurud tihenevad veetilkadeks eriti kergesti tol-  
mukübemetel ja suitsuosakestel. Seepärast esinevad  
suurte tööstuslinnade rajoonides udud ja vihmad sageda-  
mini kui neis kohtades, kus tolmu õhus on vähem.

Suits ei teki mitte ainult põlemisel, vaid ka mittepõ-  
levate ainete keemilise vastastikuse mõjustuse tulemu-  
sena. Kui, näiteks, asetada kõrvuti kaš lahtist klaasi,  
milledest ühte on valatud kange soolhape ja teise kange  
nuuskpiiritus (ammoniaak), siis tekib õhus tihe valge  
suits. Need on salmjaagi pisikesed tahked osakesed.  
See tekib ammoniaagi ja soolhappe aurude keemilisel  
ühinemisel.

On olemas selliseid aineid, mis soojendamisel ei sula,  
vaid kohe aurustuvad ehk, nagu öeldakse, s u b l i m e e -  
r u v a d. Nende hulka kuulub, näiteks, kõigile hästi tun-  
tud jood. Selliste ainete aurude jahutamisel moodustu-  
vad jällegi mitte tilgakesed, vaid korrapealt tahked osa-  
kesed. Selliseid aineid kasutatakse sõjaasjanduses suitsu-  
katete tegemiseks. Suitsupadruni põlemisel eraldub  
soojus. See kulub aine — suitsumoodustaja soojendami-  
seks ja sublimeerimiseks. Suitsumoodustaja aurud, sat-  
tudes õhku, jahtuvad ja muutuvad kiiresti väga väikes-  
teks tahketeks osakesteks. Nii tekib suitsukate (joonis  
17). Mida väiksemad on suitsuosakesed, seda tihedam  
ja püsivam on kate.

Mõningate tööstuslikkude protsesside juures tekib palju tolmu. Tolmu sissehingamine mõjub kahjulikult inimese organismile. See ei puutu mitte üksnes niisuguste mürgiste ainete nagu arseeni, tina või elavhõbeda ühendite tolmusse. Jahutolm, mäekivimite tolmu, mis tekib kaevandustes, tsemendi-, tekstiili-, asbestitööstuste tolmu ja metalltoodete lihvimise juures tekkiv tolmu on samuti väga kahjulikud.

Tööstuslik tolmu ei ole üksnes kahjulik tööstustes töötavatele töölisele, vaid ka kogu ümbruskonna elanikkonnale, loomadele ja taimedele.

Kõige sagedamini kahjustab tolmu hingamiselundeid. Pidev tolmuse õhu sissehingamine kutsub lõppude-lõpuks esile hingamisteede põletikulisi protsesse. Tolmukübemete mõnesugused liigid tungivad kopsu koesse ja kutsuvad välja kopsude „tolmumise“.

Tolmu võib mõjuda ka nahale, kutsudes sellel esile põletikulisi protsesse. Nii mõjub lubja, tsemendi ja mõnede orgaaniliste ainete sööbiv tolmu.

Tolmu osutub mõnikord tugevate plahvatuste põhjustajaks. Ameerika Ühendriikides hukub igal aastal tolmuplahvatuste läbi keskmiselt umbes 400 inimest ja 600 inimest saavad raskeid vigastusi. Ainult kahe aasta jooksul, 1928.—1930. aastal, registreeriti Saksamaal 65 plahvatust, mille põhjustajaks oli tolmu.

Kõigest ligikaudu 10 grammi jahu või tärklisi või umbes 35 grammi suhkrut, mis on pihustatud ühes kuupmeetris õhus, osutub juba plahvatavaks seguks. On küllalt tuletiku sädemest või lühiühendusest elektrivõrgus, et sellise õhuga ruumis toimiks plahvatus. Pärast seda, kui süttivad esimesed tolmukübemed, haarab leek hiigelkiirusega — suuremaga kui helikiirus — kogu tolmupilve. Selle juures areneb tohtu surve, mille suurus määrabki plahvatuse purustava toime.

Tuleb veel märkida, et tolmu on ka ebasoovitav tootmisprotsessile endale. Ta rikub sageli juba valmistootteid. Lakeerimistööstustes võtab tolmu langedes värskelt värvitud pindadele neilt ära sileduse ja läike. Tolmu on kahjulik ka fotoplaatide, kinolintide ja grammofoniplaatide valmistamise juures. Langedes plaatidele või lintidele muudab tolmu neid kõlbmatuteks. Väga tolmuse

õhu korral võib kergelt langev tolm kutsuda mootorites esile lühiühenduse. Langedes tööpinkidele, kiirendab tolm libisevate metallosade kulumist. Sellepärast on selge, et tolmule peab kuulutama sõja.

Kuidas siis praktiliselt võidelda tolmuga?

Eelkõige seal, kus tingimused lubavad, võib lõpetada kuiva tolmu tekkimise töömaterjalide niisutamisega. Kui materjali ei saa niisutada, püütakse võimaluste piires tööruumist eraldada mehhanisme, milles tekib tolm. Spetsiaalsete ventilaatoritega loodav võimas õhuvool haarab endaga tolmu kaasa ja viib selle ruumist välja.

Kui tööruumis õhk väga tugevasti tolmustub ja õhku puhastada pole võimalik, siis töötatakse erilistes šlemmides või gaasitorbikutes.

Nõukogude Liidus osutatakse tööliste tervisekaitse küsimustele väga suurt tähelepanu. V. I. Lenin õpetas, et ainult sotsialismi juures on töötingimused sellised, millised vabastavad miljonid töölised suitsust, tolmust ja mustusest. Meie Konstitutsioon fikseerib kõigile kodanikele õiguse tööle. See on — mitte ainult õigus saada tööd, vaid ka õigus tervislikule, kultuursele ja ohutule tööle, mille üle teostab valvet riik ise. Nõukogude riik kulutab hiiglasuuri summasid töökaitsele, ohutustehnikale, töötingimuste parandamisele. Need summad suurenevad järjest aastast aastasse.

Täiesti teistsugune on olukord kapitalistlikes maades. Seal on väga raske sundida ettevõtte peremeest kandma töötingimuste parandamise kulusid, kui nende kuludega ei kaasne peremehele otsene kasu. Sellepärast rikutakse ettevõtetes sageli kõige lihtsamaid tööliste töökaitse tingimusi.

Huvitav on märkida, et Ameerikas olid esimesed abinõud võitluseks tolmu vastu esile kutsutud mitte tööliste tervise kaitse eest hoolitsemisest, vaid suurest kohtuprotsessist, mis tekkis töösturite ja rikaste farmerite vahel, kelle põllud kannatasid tolmustatud õhu all.



Joon. 18. Sellisel hulgal langeb tahma ühe minuti jooksul Londoni territooriumile.

Vabastada tööruumide õhk tolmust on ainult pool ülesandest. Ometi prahistab tolm, mis kõikvõimalikkudest ahjustest ja ventilatsiooniseadmetest lendab välja koos gaasidega, tugevasti atmosfääri (joonis 18). Peale selle viib tolm sageli endaga õhku kaasa hiiglasuurel

hulgal väga väärtuslikke aineid. Näiteks ühes soodatehases tehti kindlaks, et ühe ööpäeva jooksul satub õhku ligikaudu kaks tonni soodatolmu. On välja arvestatud, et vasesulatustehaste töö juures igast kümnest tuhandest tonnist maagist kandub õhku peaaegu kaks tonni vaske, ligikaudu kaks tonni tina, kolm tonni tsinki, kaheksa tonni rauda ja alumiiniumi!

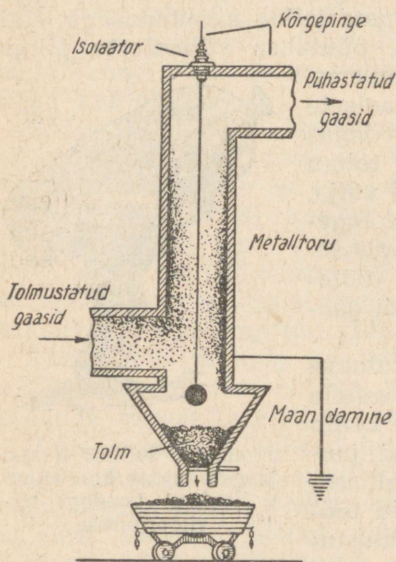
Sellepärast on hädavajalik tolmu kinni püüda. See on kasulik isegi sel korral, kui kinnipüüdmine on seotud suurte rahaliste kuludega.

On palju meetodeid gaaside tolmust puhastamiseks. Sageli teostatakse gaaside spetsiaalset pesemist

— asetatakse gaaside teele ette veekatted või niisutatakse neid kunstliku vihmaga. Veepiisad haaravad endaga kaasa niisutatud tolmu- ja saadustepüüdjaid ja puhastavad tunduval määral gaasi. Teisel juhul lähevad gaasid enne atmosfääri väljumist läbi hiiglasuurte kambrite. Torude kaudu kambri sisse sattunud gaaside voolu kiirus aeglustub tugevasti. Suured osakesed jõuavad selle aja jooksul sadestuda kambri põrandale või eririivile.

Kuid ei vihm ega kambrid ei puhasta gaase küllalt hästi. Samuti ei õnnestunud kaua aega tolmu püüdmine elektrilise meetodiga — tolmuosakesed ei oma püsivat laengut.

Alles meie sajandi algul leidsid teadlased, et tolmu



Joon. 19. Tolmu ja suitsu elektriline püüdja.

on võimalik kinni püüda väga kõrgepingelise vooluga. 1910. aastal loodi esimene selline seadeldis; see puhastas gaase peaaegu täiesti. Püüdmine toimub aparaadis, mis on näidatud joonisel 19.

Metalltorus on isolaatori külge riputatud traat. Traat on ühendatud kõrgepingeallika ühe poolusega ja toru kere on maandatud. Toru mööda liikuvad tolmuühed saavad samasuguse laengu nagu omab traat ja tõukuvad sellest eemale. Lennanud toru seinte vastu, kaotavad tolmuühed oma laengu ja sadestuvad. Selle tulemusena väljub puhastatud gaas. Seintele sadestunud tolmuühed puhastatakse või pudenevad ise spetsiaalsesse kogujasse ja pärast seda eemaldatakse sellest.

Vaatamata tunduvalt suurele energiakulule ja seadme enda ehituse kuludele, leidsid tolmu ja suitsu elektrilised kinnipüüdjad laialdast levikut. Nõukogude Liidus kasutatakse neid paljudes tehastes. Näiteks metallitööstustes püütakse sellisel meetodil kinni 20—30 tonni tolmu päevas!

Ühes tsemenditehases kogus elektriline püüdja 12 aasta jooksul 350 000 tonni tsemenditolmu! Õhku läks ainult sajandik osa kogu tolmust.

Sel viisil tolmu ja suitsu püüdes kogume väärtuslikke saadusi meie Kodumaa majandusele ja puhastame õhku.

## 12. TARDED

Meil on jäänud nüüd veel üle jutustada tarretest — mõnede vedelate kolloidide muundumise saadustest.

Kujutlege, et me keetsime paksu kiselli või tärklisekliistri, valasime selle klaasi ja panime jahtuma. Lahus tiheneb järk-järgult ja muutub lõpuks tardeks. Laseme üheks minutiks klaasi sooja vette ja pöörame selle siis alustassile ümber. Tarre langeb välja ja me näeme, et ta omab täpselt klaasi kuju. Teda võib kergesti jagada noaga või isegi niidiga tükkideks. Sellist tarret ei saa nimetada ei tahkeks ega vedelaks kehaks.

Tarretumine on omane kõigile hüdrofiilsetele kolloididele ja üldse kõikidele kolloididele, mille osakesed omavad enda ümber sellest vedelikust kile, milles nad asuvad.

Põhjused, mis kutsuvad esile sellise huvitava muun-

dumise, võivad olla mitmesugused. Nii, näiteks, muutub seebilahus tardeks temale mingisuguse soola lisandamisel, želatiinilahus tardub jahtumisel (nii saadakse želee, marmelaadi jne.), kanamuna valk — soojendamisel.

Millised muudatused toimuvad siis kolloidlahustes tarretumise puhul?

Lahuses kasvab järk-järgult välja väga keerukas tulevase tarde „sõrestik“. Üksikud kolloidosakesed kaotavad liikumisvabaduse ja ühinevad üksteisega pikkadeks ketikesteks, niitideks. Need niidid või ketikesed järk-järgult põimuvad ja moodustavad terved kerad, palmikud või võrgud. Üksikute niitide vaheline ruumala täitub kolloidi nõrga lahusega, mida kogu sõrestik kindlalt kinni hoiab.

Kui lahuses oli vähe kolloidosakesi, siis on tarre peaaegu läbipaistev. Kui aga lahuses oli osakesi palju, siis moodustub hangumisel palju tihedam sõrestik, see sisaldab vähem vedelikku ja tarre ise omandab selle tõttu läbipaistmatu keha kuju.

Tarde saamiseks on mõnikord vaja väga vähe ainet. Lahus, mis sisaldab kõigest 0,5 grammi želatiini 100 grammi vee kohta, võib juba anda tarde. On õige, et selline tarre kujuneb või valmib mõned päevad, kuna 10-protsendiline želatiinilahus võib hanguda mõne minutiga. On tuntud aine — kaltsiumgermanaat — mille ühest grammist on pooleteise liitri vee kohta küllalt, et saada tarret.

Igat elavat organismi võib vaadelda kui tarret. Inimese kehast koosneb ligikaudu kaks kolmandikku veest ja seda vett hoiavad põhiliselt koos sellised tarded nagu nahakude, lihased jt. Meredes esinevad peaaegu läbipaistvad „elavad tarded“ — meduused. Meduusi kehas on kuivaine osa kaaluliselt ainult umbes üks protsent, ülejäänud 99 protsenti on vesi. Ja selline väike tahke aine hulk on täiesti küllaldane selleks, et tekiks organism, mis on võimeline hingama, toituma ja paljunema!

Vaatame nüüd, missugused muudatused toimuvad tarrete kuivatamisel.

Ühed tarded muutuvad niiskuse kaotamisel mahult vähe. Nende skelett nagu säiliks, ainult muutub kõvemaks. Saadakse habras mass, mida võib kergesti pulbriks hõõruda. Sellistes tarretes on harilikult väga palju

poore ja neid tardeid võib sõe kõrval kasutada kui häid adsorbeerijaid. Neid tardeid harilikult nimetatakse geelideks. Nende hulka kuuluvad pinnasegeelid: savi, silikaadid jne.

Teised tarded — želatiini, mitmesuguste valkude, kautšuki tarded — vastupidi, tõmbuvad kuivatamisel tugevasti kokku. Selline kuivatatud tarre omandab mõnikord väga väärtusliku omaduse; üksikud tardeketikese lülid võivad olla nii painduvalt ja liikuvalt ühinenud, et ketikesi võib ilma rebenemata teataval määral pikuses venitada või painutada. Nimelt sellepärast venib kummi, paindub laud. Sellise omaduse tõttu said need tarded nimetuse **elastsed**.

Elastsete tarrete teine suurepärane iseärasus seisab selles, et nad on võimelised paisuma. Selle nähtusega tutvume järgmises jaos.

### 13. PAISUMINE

Juba vanadel egiptlastel oli teada puidu omadus vees paisuda. Egiptlased kasutasid seda omadust ehituskivide saamiseks. Kaljupragudesse taoti kuivast puidust kiilud. Pärast seda valati kiilud veega üle. Paisumisel suurenesid kiilud oma mahult niivõrd tugevasti, et kaljust kil-lunesid suured pangad.

Elus kasutame sageli seda puidu omadust. Kui puittünn seisab kaua aega kuivas kohas, siis ilmuvad sellesse praod. Kui vanud tünni on vaja hoida mõned päevad vees — ta „turdub“, laud paisuvad ja liubuvad tihedalt üksteise vastu.

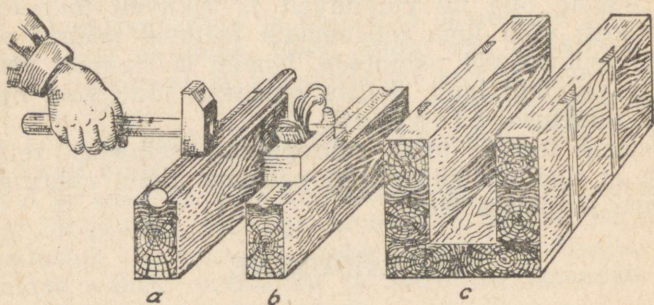
Selleks, et valmistada veekindlat puitkasti või -renni, on vaja laudu väga täpselt sobitada. Seda teha ei ole kerge. Palju lihtsamalt toimivad mõnikord siberlased. Nad asetavad laua servale jämeda traadi ja löövad sellele haamriga (joonis 20, a). Servale moodustub renn. Renni servad hõõveldatakse siledaks (joonis 20, b). Kui kast on kokku pandud, siis leotatakse teda. Üksikute servade tihendatud puidukiud paisuvad väga tugevasti ja suruvad üksteise vastu (joonis 20, c) nii, et kast muutub täiesti veekindlaks.

Mitte kõik elastsed tarded ei paisu ühesuguselt. Harilikult toimub paisumine selles vedelikus, mille aure adsorbeeritakse tarde poolt. Näiteks kummi paisub hästi

bensiinis, kuid keegi ei ole näinud vees paisunud kalossi, kuna kummi ei adsorbeeri veeauru.

Puit võtab endasse vett teatava piirini, pärast seda paisumine lõpeb. Želatiin (kuumas vees) ja liim, vastupidi, paisuvad piiramata ja muutuvad lõppude-lõpuks kolloidlahusteks, niivõrd suur on nende sugulus veega.

On väga huvitav, et tarre, võttes endasse vett, surub seda kokku. See on näha sellest, et paisunud tarde maht



Joon. 20. Veekindla kasti valmistamine.

on alati natuke väiksem kuivaine ja vee mahust. Nii nagu vesi, nagu üldse kõik vedelikud on kokkusurutavad ainult väga suurte survete juures, viib seega selline mahu vähenemine mõttele, et tarre võtab endasse hiiglasuure jõuga vett sisse.

Selle oletuse kontrollimiseks teostati järgmine katse (joonis 21). Metallsilindrisse, avadega plaadile, laoti kuivatatud mereveetaimedest lõigatud rõngakesed. Rõngakeste peale asetati kolb. Kolvi ülemine ots oli ühendatud lauakesega. Silindri alumisse ossa valati vett. Veetaimed imesid ahnelt vett sisse ja tõtsid kolvi üles isegi sel juhul, kui lauakesele asetatud kaaluvihit surus rõngakestele mitmesaja-atmosfäärilise jõuga!

Mõned taimekolloidid, näiteks tärklis ja teised, on võimelised paisuma kuni 2500-atmosfäärilise surve all.

Looduses on paisumisel eriti suur osatähtsus.

Kuiv terake ei saa anda idusid. Selleks et tera idaneks, peab ta eelkõige paisuma.

Inimene tarvitab ööpäeva jooksul keskmiselt ligikaudu kolm liitrit vett. Samal ajal on kindlaks tehtud, et üksnes organismis eraldub ööpäevas ligikaudu liiter

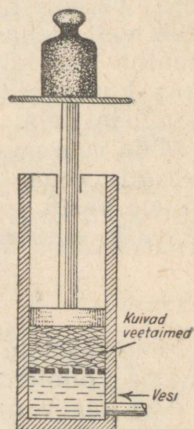
sülge, 0,6—0,9 liitrit sappi, —2 liitrit maomahla. Küsitakse, kust tuleb see vesi? Osutub, et joodud vett kasutab organism korduvalt ja seda võib kergesti seletada paisumisega. Sooleseinte valgud võtavad endasse vett ja annavad seda verevalkudele edasi. Verevalgud annavad seda ära teistele kehakudedele jne. Mitmesuguste kolloidide paisumine reguleerub organismis väga täpselt.

Paisumise regulaatoriteks võivad olla mitmesugused soolad ja happed. Happed suurendavad paisumist. Näiteks sääsepiste või nõgese kõrvetuse juures, kui nahasse satub hapet, ilmub paistetus — üleliigselt paisunud nahakoe piirkond. Soolad, vastupidi, töötavad paisumisele vastu. Uhes kaevanduses oli õhu temperatuur nii kõrge, et kaevurid töötasid alasti, jõid väga palju vett ja higistasid tugevasti. Selle juures kõik kaevurid kannatasid väga ägedat peavalu. Mispärast see esines? Koos higiga väljus organismist palju sooli, see aga kutsus esile kudede suurenenud paisumise ja eriti ajukudede paisumise. Kaevanduse arst pani ette anda kaevureile joogiks mitte puhast vett, vaid soolast. Peavalud, mis kaevuritel kestsid aastaid, lakkasid korrapealt. Nüüd kasutatakse kuumades tsehhides alati joogiks vett, millele on lisandatud natuke sooli.

Paisumist kasutatakse sageli tehnikas. Näiteks puidu töötlemisele (tulitiku-, paberivabrikutes) eelneb alati selle aurutamine, paisumine. Puidu paisunud kiud kaotavad oma vastupidavuse. Neid on kergem üksteisest eraldada, kergem lõhkuda, pehmeks sõtkuda.

Me juba rääkisime, et paisunud tarre hoiab vett kindlalt kinni.

Katsuge kas või tilk vett välja pigistada paisunud želatiinist või tükist tainast — teil ei õnnestu see. Eriti tugevasti hoiavad end kinni need veekihid, mis liibuvad vahetult kolloidosakeste pinna külge, adsorbeeritakse nende poolt. Sellist vett nimetatakse seotud veeks.



Joon. 21. Kuivad veetaimed võtavad endasse vett hii-geljõuga.

Seotud vesi omab suurepäraseid omadusi. Eelkõige puudub tal võime lahustada mitmesuguseid aineid. Vee molekulid on kolloidosakeste kiledes tugevasti lähendatud, kokku surutud. On avastatud, et seotud vesi talub välja survet kuni 500 000 atmosfääri.

Kolloididega seotud vee hulk omab hiiglasuure tähtsuse. Näiteks on kindlaks tehtud, et mida rohkem jahu seob vett (jahus seob vett tärklis), seda aeglasemalt muutub leib kõvemaks. Rukkitärklis seob vett peaaegu kaks korda rohkem kui nisutärklis, sellepärast säilitab rukkileib palju kauem oma pehmuse kui nisuleib.

Mida suurema osa vett kolloidid taimsetes organismides seovad, seda paremini peavad taimed pakasele ja põuale vastu, — seotud vett on raske nii külmutada kui ka välja aurutada.

## 14. KOLLOIDIDE ELU

Meie raamatu viimases jaos jutustame lühidalt sellest, kuidas kolloidid „elavad“.

Aeg paneb oma pitseri kõigile kolloidsetele süsteemidele.

Kolloidlahuse üksikud osakesed ühinevad ajajooksul iseenesest, vedelik muutub sogaseks, muudab värvust, kaotab voolavuse. Sool vananeb. Ilma mingisuguste väliste põhjusteta (soojendamine, jahutamine, soolade lisandamine jne.) langeb vananenud hüdrofoobsest soolist sade välja, kuid hüdrofiilne sool muutub tardeks. Langeb kolloidi võime vett kinni hoida. Tuletage meelde, et või ja rasv hakkavad ajajooksul „piserduma“, hapupiimast ja koorest eraldub vesi, leib niiskub, niiskub kuhjapandud hein.

Tarretele mõjub aeg eriti märgatavalt. Tarretise sõrestikus muutuvad üksikute osakeste ühendused ikka vähem ja vähem liikuvateks ja painduvateks. Sõrestik iseenesest „kujuneb ümber“. Osakesed hakkavad asetuma teatavas korras ja võivad moodustada kristalle. Väheneb seotud vee hulk. Kõik need muutused ei või jääda mõjumata kolloidide omadustele. Me näeme, kuidas vanadel piltidel värv praguneb, vanal mööblil lakk tuhmub ja praguneb. Vananevad taimede kiud, lehed ja oksad kaotavad järk-järgult oma painduvuse ja muutuvad karedateks ja murduvateks.

Sedasama võib öelda loomsete organismide kolloidide kohta. Mida vanem on organism, seda vähem sisaldab ta vett, seda nõrgemalt paisuvad tema kolloidid. Kiire kasvamise perioodil, kui toimub organismi rakkude intensiivne jagunemine, eriti loote elu alguses, on kolloidid võimelised kinni hoidma väga palju vett. Loote kaalust moodustab 95 protsenti vesi. Äsjasündinud lapse kehas on vett juba vähem — umbes 75 protsenti, kuid täiskasvanu kehas — umbes 60 protsenti.

Kolloidide vananemine on eelkõige seotud paisumisvõime vähenemisega. Sellepärast vanaduses elav organism nagu kuivaks kokku. Kortsude ilmumine on inimese vananemise esimesi tundemärke ja on kuivamise tagajärg. Organismi koed kaotavad järk-järgult esialgse elastsuse, veresoonte seinad muutuvad hapramateks, juuksed murduvamateks.

Organismi järkjärguline vananemine ja kolloidide vananemine temas — need on kaks protsessi, mis lähevad paralleelselt teineteisega. Sellepärast me ka räägime kolloidide elust, nende vanusest ja vananemisest.

Kolloidide vananemise põhjused ei ole veel teada.

Käesoleval ajal toimub suur töö kolloidide vananemise uurimisel. Mõningatel juhtudel õnnestub aeglustada vananemise protsesse ja teistel juhtudel — neid ära hoida, kuid real juhtudel — tagasi anda kolloididele nende „noorus“. Nende uurimistega on seotud väga tähtsa bioloogilise protsessi — organismi noorendamise — lahendamine.

## LÕPPSÕNA

Meie jutustus kolloididest on lõppenud. Mida te siis saite teada sellest raamatust?

Kolloidid — need on keerulised süsteemid, mille saamiseks on tingimata vaja vähemalt kahte ainet.

Kolloidosakesed omavad kindlaid mõõteid. Osakeste suurus mõjub kolloidide paljudele omadustele: osakesed ei või membraanidest läbi tungida ja liiguvad ühes või teises keskkonnas aeglasemalt kui harilikud molekulid.

Oli aeg, millal neid omadusi loeti kolloidse süsteemi põhiliseks tunnuseks ja kolloidlahuseid arvati tõeliste lahuste hulka, mis sisaldavad ainult väga suuri molekule. Kuid sisuliselt aitab osakeste suurus ainult leida

kolloididele kohta teiste süsteemide keskel ja kindlaks määrata vahepealsed asendid tõeliste lahuste ja heljumite vahel. Sellepärast me tutvustasime lugejat kolloidide rea teiste omadustega, millest oleneb nii nende vastupidavus kui ka muutuvus. Me näitasime, et kolloidide maailm on suurte pindade maailm, mis on seotud väikese hulga pihustatud ainega. Osakeste pinnal toimuvad protsessid, mis ühtedel juhtudel (kilede moodustumine, ionide ja isegi kolloidosakeste adsorptsioon) tõstavad kolloidide püsivust, kaitsevad osakesi, kuid teistel juhtudel — vähendavad kolloidi vastupanu välismõjutustele ja purustavad teda.

Lõpuks, kolloidid „elavad“, kolloidid võivad vananeda, — see omadus puudub täielikult tõelistel lahustel.

Sellised on kolloidsete süsteemide põhilised tunnused. Tutvustada lugejat nendega kõige üldisemates joontes, näidata kolloidide tähendust meie elus — see oligi autori ülesanne.

Jutustada täielikumalt kolloididest ei ole sellises väikeses raamatukeses võimalik, sest kõnelda kolloididest — see tähendab, nagu te nüüd teate, kõnelda peaaegu kõigest.

Kolloididest on huvitatud nii agronoomid, mullateadlased, bioloogid, arstiteadlased kui ka meteoroloogid. Nähtused, mida uurib teadus kolloididest, on tihedalt seotud inimese kõige mitmekesisemate praktilise tegevuse aladega. Ei ole sellist tehast või vabrikut, kus inimene ei puutuks kokku ülesannetega, mille õige lahenduse võib anda see teadus.

Teadu kolloidide omadusi — tähendab omada võimlust mõistlikult juhtida paljusid tööstuslikke protsesse, õppida loodust allutama meie huvidele. Nimelt sellepärast areneb Nõukogude Liidus, sotsialistliku majandusega riigis, teadus kolloididest eriti viljakalt. Kõige mitmekesisemaid küsimusi, mis on seotud kolloididega, lahendavad edukalt nõukogude teadlased oma Kodumaa hüvanguks.

## SISUKORD

Sissejuhatus . . . . .	3
1. Haruldased lahused . . . . .	3
2. Ainete kolloidne olek . . . . .	5
3. Osakeste suurused . . . . .	9
4. Osakeste kasvatamine . . . . .	13
5. Kolloidiveski . . . . .	16
6. Suurte pindade maailm . . . . .	19
7. Kuidas rikastatakse maake . . . . .	25
8. Kolloidosakesed ja valgus . . . . .	29
9. Kolloidosakeste elektrilised omadused ja ehitus . . . . .	33
10. Suits, tolmu ja udu . . . . .	40
11. Sõda tolmuaga . . . . .	44
12. Tarded . . . . .	47
13. Paisumine . . . . .	49
14. Kolloidide elu . . . . .	52
Lõppsõna . . . . .	53

Vastutav toimetaja O. Põhjamäe  
Kaane kujundus R. Pangsepp  
Tehniline toimetaja E. Plaks  
Korrektorid E. Leibak ja V. Noorkõiv

Ladumisele antud 12. XII 1951. Trük-  
kimisele antud 1. II 1952. Paber  
54×84 sm, 1/16. Trükiarv 5000. Trüki-  
poognaid 3,5. Formaadile 60×92 ko-  
haldatud trükipoognaid 2,87. Arvutus-  
poognaid 3,06. Tellimise nr. 178.  
MB-00838. Graafikatööstus „Oktoober”,  
Tallinn, Tartu mnt. 49.

На эстонском языке

Hind rbl. 1.25

RBL. 1.25

A-16558

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00498120 7