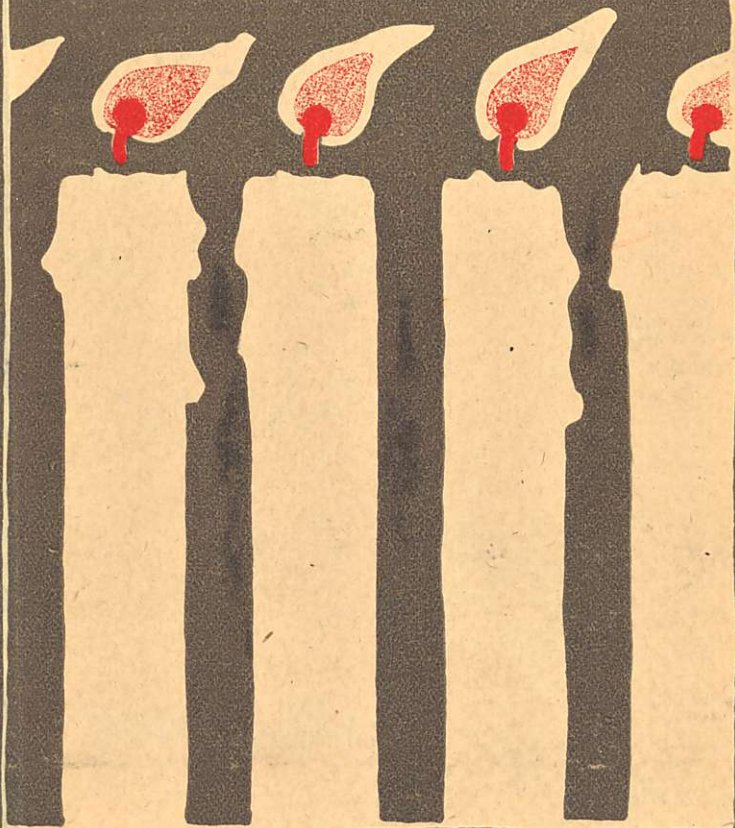


MIKAEL FARADAY
KYNTTILÄN
OPETUKSET



KANSANVAUSTRUSSUR



Kynttilän opetukset


Kuusi luentoa nuorisolle

pitänyt

Mikael Faraday

Kuulijan muistiinpanoja, jotka myöhemmin
ovat oikaistuina painosta ilmestyneet

suomentanut

 **O. A. Kantele**



Helsingissä 1912

Kansanvalistusseuran Nuorisonkirjoja 15

Painettu 1912
Raittiuskansan
Kirjapainossa
Helsingissä

Sisällys:

	Sivu
<i>Mikael Faraday.</i>	5
<i>Ensimmäinen luento.</i>	17
Kynttilä. Sen liekki. Polttoaineen sulaminen. Sydämen hiuspillivoima. Liekki on palavaa kaasua. Liekin muoto ja osat. Ylöspäin kohoava ilmavirta. Muut liekit.	
<i>Toinen luento.</i>	3
Lieissä palavien höyryjen lähempi tutkimus. Liekin kuumuuden jakautuminen. Ilman merkitys. Epätäydellinen palaminen; liekin noki. Palaminen ilman liekkiä (rauta). Liekin valo. Hiili kynttilän liekissä. Palamistulokset.	
<i>Kolmas luento.</i>	48
Vesi kynttilän palamistuloksena. Veden ominaisuudet; sen olomuodot. Vety veden aineosana. Vedyn valmistaminen ja ominaisuudet. Vesi vedyn palamistuloksena. Voltan patsas.	
<i>Neljäs luento.</i>	65
Sähkövirran kemialliset vaikutukset. Veden hajoittaminen sähköän avulla. Veden muodostuminen räjähdyskaasun palamisesta. Happi, veden toinen aineosa. Veden aineosien painosuhteet. Hapen valmistus ja ominaisuudet. Sen osa palamisilmiössä.	
<i>Viides luento.</i>	80
Ilma on hapen ja typen sekoitusta. Typen ominaisuudet. Ilman aineosien painosuhteet. Kaasujen punnitseminen. Ilman paine. Ilman kimmoisuus. Hiilihappo kynttilän palamistuloksena. Hiilihapon tuntomerkit. Sen esiintyminen luonnossa. Hiilihapon valmistus ja ominaisuudet.	

Hiilihapon kemiallinen kokoomus. Sen muodostuminen hiilen palaessa. Sen ainesosien suhde. Hiilihapon hajoittaminen alkuaineisiinsa. Hiilihapon muodostuminen puun ja valokaasun palaessa. Aineitten kiinteät ja kaasumaiset palamistulokset. Hengitys. Ravintoaineitten hiilipitoisuus. Ruumiin lämpö. Eläin- ja kasvikunnan vuorovaikutus. Lämmön vaikutus kemiallisiin ilmiöihin.



Mikael Faraday.

Mikael Faraday on niitä harvinaisia henkilöitä, jotka ovat ihmiskunnalle avanneet uusia uria luonnontieteitten alalla. Mutta *Mikael Faraday* ei ollut ainoastaan suuri luonnontutkija, hän oli myös hyvä ja jalo ihminen, joka rakasti kanssaihmissään ja erittäinkin nuorisoa. Mielellään kääntyi hän lasten puoleen tarjoten heille tiedon kultajyviä runsaasta varastostaan. Sen tähden lienee paikallaan hiukan oppia tuntemaan sitä miestä, jolta voimme niin paljon hyvää oppia. Kerromme sen vuoksi seuraavilla sivuilla hiukan hänen elämästään.

Mikael Faraday oli mies, joka omin voimin oli tullut siksi mikä hän oli, oikea oman onnensa seppä, sanan jaloimmassa merkityksessä. Hän oli köyhän sepän poika, jolle isä voi kustantaa ainoastaan välttämättömimmän opin, ja joka jo poikasesta oli pakoitettu ajattelemaan, kuinka hän mahdollisimman pian voisi ansaita leipänsä.

Niin joutui hän jo aikaisin kirjansitojan oppiin, eikä voinut muuta ajatella, kuin että siinä toimessa hän koko ikänsä tulisi pysymäänkin. Mutta hän ei malttanut katsella sidottavinaan olevia kirjoja ainoastaan päältäpäin, hän katsoi myös niiden sisään ja löysi niistä paljon sellaista, mikä ihmeellisesti häntä viehätti. Erittäinkin kiinnittivät yksinkertaiset kemian ilmiöt hänen mieltänsä. Ne saivat hänet aikaisin tekemään parhaan ymmärryksensä mukaan kokeita aivan yksinkertaisilla välineillä ja omin silmin vakuuttautumaan siitä, että oli totta, mitä kirjat sisälsivät. Näin tuli köyhästä kirjansitojanoppilaasta pieni luonnontutkija. *Faraday* ei itse alussa pitänyt näitä pieniä tutkimuksiaan muuna kuin huvitteluna. Mutta yhä valtavammin ne vetivät häntä puoleensa, ja lopulta ei hän voinut vastustaa sisäistä kutsumustaan: hän vaihtoi kirjansitomom kemistin työhuoneeseen. Ei se ollut niinkään helppoa; hänen täytyi alkaa aivan alusta. Yksinkertaisena apulaisena sai hän alkaa luonnontutkijan uransa. Mutta kun hän kerran oli sille tielle päässyt, ryhtyi hän nopeasti rautaisella tarmollaan suurten luonnonlahjojensa avulla kartuttamaan tietojaan. Yhä pitemmälle ja pitemmälle hän pääsi, niin että lopuksi oli sillä asteella, jonka ainoastaan harvat valitut saavuttavat. Nyt, kun hän jo vuosia on ollut poissa elävien joukosta, mainitsevat tiedemiehet kunnioituksella hänen nimeänsä. Mutta ne, jotka saivat tuntea hänet eläessään tahi vaikka vaan olla hänen lähellään, ovat aina puhuneet hänestä sellaisella kunnioituksella, mitä ainoastaan tosi sydämen hyvyys ja luonteen jalous voi herättää.

Mikael Faraday oli seppä *James Faraday*'n kolmas lapsi ja syntyi 22 päivänä syyskuuta 1791 *Surrey*'ssä (Etelä-Lontoossa). Hänen äitinsä *Margareta* oli arentimies *Hestwell*'in tytär *Kirkby-Stepen*'istä. Vanhemmat olivat syvästi uskonnollisia; he kuuluivat pieneen kristilliseen *Sandeman*'ien lahkoon, ja tälle hän itsekin pysyi

koko elämänsä ajan uskollisena. Ensimmäiset vuotensa asui hän erään Lontoon sivukadun varrella, jossa hänen vanhemmillaan oli asunto erään varastorakennuksen yläkerrassa. Hänen kasvatuksensa oli aivan tavallinen, ja rajoittui lukemisen, kirjoituksen ja laskemisen ensimmäisiin alkeisiin; vapaahetkensä vietti hän kotona tai kadulla.

Vuonna 1804 tuli hän kolmentoista vuotiaana *George Riebau*'n kirjakauppaan koeoppilaaksi. Vuoden päästä hän pääsi sinne, ansioittensa vuoksi ilman maksua, varsinaiseksi oppilaaksi.

Tässä toimessa ollessaan hän alkoi ensimmäiset kemialliset tutkimuksensa. Hän luki kemiallisia ja fysikaalisia kirjoituksia ja teki kokeita, jotka voi muutaman pennyn*) viikkopalkalla maksaa. Muun muassa hän valmisti itselleen yksinkertaisen sähkökoneen ja muutamia muita sähkökojeita. Hän kuunteli myös eräitä iltaisin pidettyjä kansantajuisia fysiikan luentoja; mestarinsa antoi hänelle luvan, ja hänen noin kolme vuotta vanhempi veljensä, joka oli seppä kuten isäkin, lahjoitti hänelle useihin luentoihin pääsymaksut. Myöhemmin onnistui hän pääsemään kuuluisan kemistin *Humphry Davy*'n luentoja kuulemaan, saman miehen, joka sitten auttoi häntä tieteelliselle alalle ja oli hänen monivuotinen opettajansa ja esimiehensä. *Faraday* kirjoitti muistiin nämä luennot ja selvitti kokeet kuvilla. Sen hän osasi nyt tehdä, koska oli innokkaasti harjoittanut kuviopiirustusta erään herra *Masquerier*'in johdolla. — Tähän aikaan teki *Faraday* myöskin ensi yrityksen päästä sisäistä vaatimustaan vastaavalle toimialalle.

»Halu olla tieteellisessä työssä», näin kirjoittaa hän, »sai minut kokemattomuudessa ja yksinkertaisuudessa kirjoittamaan Sir *Joseph Banks*'ille, »*Royal Society*'n» (Kuninkaallisen Tiedeseuran) silloiselle puheenjohtajalle.

*) 1 penny = noin $\frac{1}{10}$ penniä.

Kävin ovenvartijalta tiedustamassa vastausta, mutta luonnollisesti turhaan.»

Millä innolla hän tähän aikaan — hän oli silloin 21 vuotta vanha — harrasti tieteellisiä kysymyksiä, osoittaa selvästi muuan hänen kirjeensä eräälle hänen nuoruudenystävälleen, jossa hän puhkeaa sanomaan: »En tiedä muuta ainetta kuin kloorin*), josta voisin kirjoittaa. Elä ihmettele tätä intoani! Olen kuullut itse *Davy*'n tästä teoriasta puhuvan. Olen nähnyt hänen tekevän kokeita sen valaisemiseksi ja olen kuullut hänen vastustamattomalla tavalla sovittavan kokeensa teoriaan ja niitä selittävän. Rakas ystävä, minä tulin vakuutetuksi, olin pakotettu uskomaan häntä ja uskomista seurasi ihailu.»

Lokakuussa 1812 päättyi *Faraday*'n oppiaika ja hän tuli kirjansitojan kisällinä erään herra *de La Roche*'n luo. Tämä oli kiivas mies, ja kiusasi apulaisiaan niin, että paikka kävi *Faraday*'lle kohta sietämättömäksi. Tieteellisiin harjoituksiinsa ei hänelle jäänyt ollenkaan aikaa. Hän tunsu asemansa painostavaksi, ja vaikka mestari olisi mielellään pitänyt häntä ja koetti houkuttelevilla tulevaisuuden lupauksilla häntä pidättää, päätti hän kuitenkin pian pyrkiä muualle. Hän lähetti *Davy*'lle tämän luennoista kirjoittamansa muistiinpanot ja pyysi häntä antamaan hänelle tilaisuuden kokonaan omistautua tieteelle. *Davy* näytti kirjeen ystäväilleen *Pepys*'ille ja kysyi tältä, mitä hän voisi nuorelle miehelle tehdä. »Tehdä?» kertasi *Pepys*, »antakaa hänen huuhtoa pulloja. Jos hän kelpaa johonkin, suostuu hän siihen; jos hän kieltäytyy, ei hän kelpaa mihinkään.» — »Ei, ei» sanoi *Davy*, »täytyy käyttää häntä parempaan.» — Ja hän käytti häntä parempaan; hänen ehdotuksestaan nimettiin *Faraday* 13 p. maalisk. 1813 hänen apulaisekseen.

*) Kloori on yksi kemiallisista alkuaineista, jommoisia ovat esim. rikki, hiili j. n. e. ja joista kaikki aineet ovat kokoonpannut. Sitä on esim. tavallisessa ruokasuolassa.

Kun myöhemmin oli saatu nähdä, millaisen neron hän oli auttanut oikealle alalleen, muisteli *Davy* mielellään ja oikeutetulla ylpeydellä tätä ensi askelta ja sanoi ker-
ran, että kaunein keksintö, minkä hän on tehnyt, on *Faraday*.

Niin pääsi *Faraday* apulaiseksi »*Royal Institution*»-laitokseen, jonka päätarkoitus on mahdollisimman laa-
joihin piireihin levittää luonnontieteitten tuntemista helppotajuisten, kokeilla valaistujen luentojen kautta. Tässä laitoksessa hän toimi elämänsä loppuun asti, sillä myöhemmin hän *Davy*'n seuraajana pääsi saman ke-
miallisen laboratorion johtajaksi.

Toimessaan *Royal Institution*'issa alkoi *Faraday*'lle uusi elämä. Tiede oli nyt hänen kutsumuksensa, ja helposti voi kuvitella, millä voimalla hänen innokas, mutta samalla kestävä henkensä antautui sen palveluk-
seen. Mutta hän tunsu tarvetta saada laventaa puutteel-
lisia tietojaan toisiinkin suuntiin. Hän sanoi aivan oi-
kein, ettei riitä, että on oppinut omalla alallaan, ihmisen täytyy myös saada tietoja ja kokemusta muiltakin in-
himillisen sivistyksen aloilta. Tätä varten hän liittyi v. 1813 jäseneksi »*City philosophical society*»-seuraan, yh-
distykseen, jossa oli 30—40 alempiin ja keskisäätyyn kuuluvaa jäsentä. Joka keskiviikkoilta kokoonnuttiin oppimaan jäsenten pitämistä esitelmistä tai vapaasta keskustelusta. Seura oli hyvin vaatimaton, mutta sen toiminta oli, kuten *Faraday* itse sanoi, hyvin suuriarvo-
nen jäsenilleen. — Myöhemmin muodosti hän noin kuu-
den henkilön kanssa, jotka enimmäkseen olivat kuuluneet tuohon aikaisempaan yhdistykseen, uuden, suppeamman seuran. He kokoontuivat iltaisin yhdessä lukemaan sekä arvostelemaan, parantamaan ja täydentämään toistensa lausumista ja lauseenrakennusta. Kuri oli — kuten *Faraday* kertoo — ankara, huomautukset vilpittömiä ja julkisia ja tulokset hyvin hyviä. Tämä seura pysyi elossa useampia vuosia peräkkäin.

Muuten toimi hän innokkaasti kemiallisissa töissä. Monta kertaa sai hän huomata, että tiede vaatii tutkijoiltaan, kun siksi tulee, sotilaan urhoutta ja uhrautuvaisuutta. Hänen kokeillessaan kloorin ja typen räjähtävällä yhdistyksellä tapahtui kokonaista neljä räjähdystä, joista yksi vei häneltä kynnen ja haavoitti sormia niin pahasti, että hän pitkän aikaa voi niitä ainoastaan vaivoin käyttää. Ainoastaan siksi, että hänen kasvojaan peitti lasinen naamari, varjeltui hän pahemmilta vammoilta.

Kohta keskeytyivät hänen tutkimuksensa kuitenkin pitemmäksi aikaa. Jo lokakuussa samana vuonna, jolloin hän tuli *Royal Institution*'in palvelukseen, läksi *H. Davy* pitemmälle ulkomaanmatkalle ja otti *Faraday*'n mukaansa, palvelijakseen. Matka ulottui Ranskaan, Italiaan, Sveitsiin, Tyroliin j. n. e. ja kesti huhtikuuhun v. 1815. *Faraday* laajensi tuntuvasti tietojaan ja näköpiiriään tällä matkalla.

Oltuaan 1¹/₂ vuotta matkalla palasi *Faraday* Lontoon. Hänen työnsä enenivät nyt nopeasti. Ennen kaikkea piti hänen auttaa *H. Davy*'a tämän tieteellisissä tutkimuksissa ja hänen luentojaan seuraavissa kokeissa. Sen ohessa oli hänellä omiakin toimia. Tammikuussa 1816 alkoi hän opettajatoimintansa pitemmällä kemiallisella luentosarjalla. Aluksi kirjoitti hän luentonsa kokonaan; mutta pian tyytyi hän lyhyihin muistiinpanoihin tärkeimmistä kohdista, joista hänen oli puhuttava, ja piti luennon muuten vapaasti. Kirjallisen toimintansa alkoi hän myös tähän aikaan, kun hänelle uskottiin huomattavan tieteellisen aikakauskirjan »*Quarterly Journal of Science*'n» toimittaminen. Työtaakka oli hänellä silloin suuri. Vasta kello yhdeksän illalla jätti hän laboratorion. »Mutta», kirjoittaa hän eräässä kirjeessään, »ymmärrättehän, että minä en valita; kuta enemmän minulla on tekemistä, sitä enemmän opin; toivon vaan, ettette luule minua laiskaksi — siksi että en ole kirjettä

ehtinyt kirjoittaa — epäluulo, joka muuten ei voi tulla kysymykseen, kuten lyhyt miettiminen minulle sanoo.» — Viimeinen huomautus osoittaa, ettei Faraday'ltä puuttunut oikeutettua itsetuntoa.

Vuonna 1821 meni hän naimisiin *Sarah Barnard*'in kanssa. Niin omantunnontarkka hän oli, että tahtoi häpäivänsäkin viettää samalla tavalla kuin muut päivät ja loukkasi siten muutamia lähisukulaisiaan, jättämällä heidät häihin kutsumatta. Kirjeessään vaimonsa sisarelle ennen juhlaa hän sanoi:

»Elköön tämäkään päivä tuoko mitään levottomuutta, melua ja kiirettä. Ulkonaisesti kuluu päivä, niinkuin kaikki muutkin, sillä riittäähän että odotamme ja etsimme iloa sydämessämme.»

Kuinka hyvin tämä hänen lausumansa toivomus toteutui, osoittaa muistiinpano, jonka *Faraday* itse monta vuotta myöhemmin kirjoitti:

»Näiden tapausten ja muistelmien pohjaksi asetan päivämäärän, joka on tuottanut minulle enemmän kunniaa ja onnea kuin kaikki muut. Meidät vihittiin 12 p. kesäkuuta 1821.»

Faraday'lle oli suotu yli neljäkymmentä onnen, tyytyväisyyden ja uupumattoman työn vuotta. Hänen ulkonaisista vaiheistaan ei enää ole paljon kerrottavaa; hänen elämänsä kulki levollisesti edelleen, hän ei vaihtanut ensimmäistä toimialaansa mihinkään muuhun. Mutta hänen työllään oli verrattomat seuraukset. Tuskin voi luetella kaikkia keksintöjä, jotka hän on tehnyt. Muutamat niistä ovat sellaisia, että jo ne yksinään tuottaisivat hänelle katoamattoman tieteellisen kunnian. Hän avasi kokonaisia suuria uusia tieteenaloja. Mutta hän ei koskaan tyytynyt keksimään uutta ilmiötä; hän seurasi asian kaikkia puolia loppumattomalla terävyydellä ja väsymättömällä kestävyydellä; eikä levännyt, ennenkuin asia liittyi asiaan, kunnes yksityisten ilmiöiden runsaudesta tuli esiin selvästi huomattava yhteys, luonnonlaki.

Tämän tuloksen saivat aikaan pääasiassa kaksi suurta ominaisuutta: hän oli syvä ajattelija ja suuri kokeilija; lisäksi oli hän — luonteensa iloisen tyyneyden ohessa — syvästi vakava luonne. Hänen tunnollisuutensa salli hänen vasta sitten jättää asian, kun hän oli tutkinut sen joka puolelta niin hyvin, kuin hänen apukeinoillaan oli mahdollista. Hänen ajatustyönsä ei kulkenut ankarassa järjestyksessä. Aiheet kokeisiinsa näytti hän saavan äkkiä ja kuin sattumalta, ja harvoin hän voi myöhemmin selvästi sanoa ajatusyhtymää, joka hänet oli siihen johtanut. — Kokeiluhuone oli hänen oikea kotinsa. Hyvin onnistunut koe sai hänet ihastuksiinsa; ja jos hän sen tuloksesta löysi vakuutuksen jonkun edellisen kokeen johdosta syntyneeseen luuloon, tunsii hän iloa, jota ainoastaan se voi ymmärtää, joka itse on samanlaista iloa kokenut.

En, ikävä kyllä, voi tässä ryhtyä tekemään yksityiskohtaisesti selkoa suurmiehen valtavasta elämäntyöstä. Sen ymmärtäminen edellyttää nimittäin sellaista kemian ja fysiikan tuntemista, mikä voidaan saavuttaa vasta perinpohjaisilla opinnoilla. Kokonaan kuitenkin en voi näitä suurenmoisia keksintöjä sivuuttaa, ja siksi koetan edes muutamain viittauksin näyttää niiden laajakantoisen merkityksen.

Faraday'n työt liikkuivat melkein yksinomaan sähköopin alalla. Ne koskettivat kyllä muitakin fysiikan haaroja, mutta vain sikäli kuin nämä ovat yhteydessä sähköilmiöiden kanssa. Vain kemian alalla on hän suorittanut muutamia tärkeitä tutkimuksia, jotka ovat riippumattomia hänen sähköä koskevista tutkimuksistaan; ne ovat enimmäkseen hänen tieteellisen toimintansa ensimmäisiltä ajoilta, jolloin hän vielä oli *Davy*'n apulainen. — Hyvin tärkeä on myöskin eräs tutkimus sähköopin ja kemian erinomaisen mieltäkiinnittävältä raja-alueelta.

Ennen kaikkea on *Faraday* mainittava eräitten omi-
tuisten sähkövirtojen keksijänä, joita tavallisesti sano-

taan *induktiovirroiksi*. Hän tuli siten aivan uuden sähköopin haaran perustajaksi, jolla sitten sekä hän että muutkin tutkijat ovat saaneet poimia aivan hämmästyttäviä hedelmiä. Tämä tärkeä keksintö ei suinkaan ollut mikään sattuman työ. Päinvastoin johtui *Faraday* miettimällä muita tunnettuja sähköilmiöitä aivan määrättyyn olettamukseen, eikä hän levännyt ennen, kuin oli kokeilla näyttänyt tämän olettamuksen oikeaksi. — Induktiosähkö ei ole vain tieteelle mitä tärkeintä; vuosien kuluessa se on käytännöllisessä elämässäkin saanut erinomaisen tärkeän merkityksen. Ensin *lääketieteessä*. Sairasten sähköhoito perustui alussa kokonaan ja vielä nytkin suurimmaksi osaksi *Faraday*'n induktiovirtoihin. — *Puhelimessa* eli *telefonissa* saamme kuulla kaukana olevan ystävämme äänen induktiovirtojen välityksellä, jotka syntyvät ohuen rautalevyn värähdyksistä. — *Sähkövalo* oli entisaikoina harvinainen, enemmän hämmästyttäjä herättävä kuin hyödyllinen ilmiö. Vasta sitten kun sitä opittiin *Faraday*'n induktiovirtojen avulla työskentelevillä *dynamokoneilla* paljon halvemmilla kustannuksilla synnyttämään, on se saanut äärettömän käytännöllisen merkityksensä, niin että nyt koko maailma on sitä täynnä. — Samoin kävi yrityksille käyttää sähköä liikevoimana. Tosin on jo varsin kauvan valmistettu sähkökoneita, jotka tekevät työtä samoin kuin höyrykoneet. Mutta se oli aivan liian kallista työtä, ja tällaisia koneita valmistettiin vain tieteellisinä omituisuuksina näytettäväksi. Vasta induktiovirroilla käyvien koneitten käyttäminen on tehnyt mahdolliseksi sen tavatoman edistyksen, mitä nyt jo vuosikausia on saatu nähdä. Suurten kaupunkiemme sähköraitioiteitä käyttävät moottorit, joiden liikkeelle panevana voimana ovat induktiovirrat. Yritetäänpä täydellä todella jo rautateittenkin liikevoimaksi ottaa höyryn sijasta sähkövirta, ja kokeet ovat menestyneet erinomaisesti. Teollisuuskin käyttää mitä moninaisimmilla tavoilla hyväkseen *Fa-*

raday'n virtoja. Tässä on erikoisen tärkeätä, että sähkövoimaksi muuttamalla voidaan hyväksi käyttää monien koskiamme loppumattomia, vielä enimmäkseen käyttämättömiä voimia. Kun sähkövirtoja voidaan johtaa pitkien matkojen päähän, on siinä keino käyttää vesivoimaa melkein miten kaukana hyvänsä itse koskesta. Tällä sähkövoiman siirrolla on jo monen syrjäseuduilla sijaitsevan mahtavan kosken voima, jota ei siellä hyödyllisesti voitu käyttää, saatu teollisuuden ja siten ihmiskunnan palvelukseen. Jos tänään olemme oikeutettuja puhumaan uudesta sähkön aikakaudesta, niin on samalla mainittava myöskin *Faraday*'n nimi, koska hänen kuolemattomat keksintönsä ovat se varma perustus, jolle nykyinen ja tulevat polvet rakentavat uljaan rakennuksensa.

Vähemmän silmäänpistäviä, mutta tieteelle yhtä tärkeitä ovat *Faraday*'n tutkimukset *magnetismin* alalla. Hänen ajatteleva henkensä vastusti sitä oletusta, että tämä salaperäinen voima kuuluisi ainoastaan raudalle, niin kuin ennen luultiin. Ja hänen uupumattomat koeksensa näyttivät hänelle, ettei hän ollutkaan erehtynyt. *Faraday*'n ajoista tiedämme, että kaikki aineet ovat magneettisia, joskin tämä voima raudassa ilmenee paljon suurempana kuin muissa aineissa.

Faraday'n magneettiset tutkimukset ovat tieteelle yhtä tärkeitä kuin induktiosähköäkin koskevat. Niillä ei tosin ole tähän asti näyttänyt olevan samanlaista käytännöllistä merkitystä kuin näillä. Ovatko ne silti vähempiarvoisia? Tähän kysymykseemme antaa *Faraday* itse — vaikkakin toisesta, samanluontoisesta asiasta puhuessaan — parhaan vastauksen. Hän kertoo meille, että *Benjamin Franklin*'in tapa oli vastata kysymykseen, mitä hyötyä tieteellisestä keksinnöstä on, sanomalla: »Mitä hyötyä on pikku lapsesta?» Ja hän vastaa itse: »Koettakaa tehdä se hyödylliseksi!» — Eikö se ole hyöty sekini, että ihmisen tieto ja samalla hänen näköpiirinsä

laajenee, — kun syvempi silmäys maailmanjärjestyksen kulkuun kohottaa mieltä ja henkeä?

Monet tietävät, että sähkövirran avulla voidaan esineistä valmistaa kuparisia, n. s. *galvanoplastisia* jäljennöksiä, mihin menettelyyn taide-esineitten y. m. s. monistaminen perustuu. Samalla lailla voidaan saada ohuita metallipäällystyksiä, ja tätä käytetään *galvaniseen hopeoimiseen, kultaamiseen, nikkeloimiseen* j. n. e. Kaikki nämä ovat *sähkövirran kemiallisia vaikutuksia*, ja niitä on hyvin paljon. *Faraday* keksi sen luonnonlain, johon kaikki nämä vaikutukset perustuvat. Se on hänestä saanut nimen *Faradayn laki*.

Tämäkin laki oli pitkät ajat vain tieteellisesti mieltäkiinnittävä; käytännöllistä merkitystä sillä ei näyttänyt olevan. Uudemmallalla ajalla ovat asiat muuttuneet, sen jälkeen kun kemiallinen teollisuus on ottanut sähkövirran palvelukseensa. Tämän avulla se nyt valmistaa paljon tärkeitä tuotteita edullisemmin kuin ennen, varsinkin missä vesivoimia on käytettävissä. Mainittakoon tässä aluminiumi, eräs metalli, josta ennen aikaan melkein vain tiede oli huvitettu, jota vastoin nyt melkein joka talossa on aluminiumista tai aluminiumipronssista valmistettuja talous- y. m. esineitä. Ja toisia, vielä paljon suuriarvoisempiakin keksintöjä tällä sähkökemian alalla on tehty aivan viime vuosina.

Faraday on paitsi tässä lyhyesti mainittuja tehnyt vielä paljon muitakin keksintöjä. Ne näyttävät aivan kuin itsestään hänelle ilmestyneen. Mutta itse asiassa hän jokaisen niistä voitti vain äärimmäisiin asti voimiaan jännittämällä. Siitäpä syystä kerran täytyi väsymyksen seurata. Jo neljättäkymmenettä ikävuottaan lähestyessään täytyi hänen usein keskeyttää työnsä ja etsiä lepoa maaseudun rauhasta. Monesti ei hän päiväkausiin kyennyt muuta tekemään kuin avoimen ikkunan ääressä istuen katselemaan mertaja taivasta, ja vain hänen vaimonsa hellää huolenpitoa on kiitettävä siitä, että hän

ystävilleen ja tieteelle niinkin kauvan säilyi. Vuonna 1841 huononi hänen tilansa niin, että hän oli pakoitettu pitkäksi aikaa keskeyttämään työnsä. Voimien palauttamiseksi teki hän silloin matkan Sveitsiin. Kuinka suuresti tämä häntä virkisti, näkyy siitä, että hän on tehnyt monet kauneimmista keksinnöistään tämän matkan jälestä. Hän eli ja vaikutti vielä kuusikymmenluvun puoliväliin. 1866 voimat tuntuvasti heikkenivät, ja 25 p:nä elokuuta 1867 kuoli hän Hampton Court'issa, lähes 76:n vuoden vanhana.

Ensimmäinen luento.

Kynttilä. Sen liekki. Polttoaineen sulaminen. Sydämen hiuspillivoima. Liekki on palavaa kaasua. Liekin muoto ja osat. Ylöspäin kohoava ilmavirta. Muut liekit.

Kynttilän olen jo kerran ennenkin valinnut esitelmänaineekseni ja, jos valinta olisi minun vallassani, niin varmaankin ottaisin sen joka vuosi luentojeni lähtökohdaksi, niin paljon mieltäkiinnittävää ja niin monta tietä yleiseen luonnontutkimiseen se tarjoaa. Kaikki maailmankaikkeudessa vaikuttavat lait siinä esiintyvät tahi ainakin tulevat näkyviin, ja vaikeata olisi löytää mukavampaa ovea luonnontutkimuksen valtakuntaan.

Aluksi täytyy minun kuulijoiltani pyytää, että noudattamalla asiamme tärkeyden ja tieteellisen käsittelyn asettamia vakavuuden vaatimuksia kuitenkin saisin pitää etuoikeutenani, vanhemmista kuulijoistani välittämättä, puhua nuorukaisena nuorisolle, kuten ennenkin tämän tapaisissa tilaisuuksissa olen tehnyt. Vaikka tiedän, että täällä lausumani sanat leviävät laajempiinkin piireihin, ei se kuitenkaan estä minua käyttämästä tulevissakin luennoissani tavallista perhe-puhetapaa.

Ensiksi täytynee minun kertoa teille, hyvät pojat ja tytöt, mistä kynttilät ovat valmistetut. Siinä opinme tuntemaan aivan ihmeellisiä asioita. Tässä on minulla puuta, oksia, joiden tiedätte helposti palavan. Nämä oksat eivät kuitenkaan ole tavallista puuta, vaan erästä merkillistä ainetta, jota on löydetty muutamista Irlannin soista, niinsanottua »kynttiläpuuta». Se on

erittäin kovaa, kiinteätä puuta, erinomaista tarvepuuta, koska se on huomattu hyvin kestäväksi. Mutta ennen kaikkea on se niin helposti palavaa, että löytöpaikassaan siitä vuollaan lastuja ja tulisoihtuja, jotka palavat kuin kynttilät ja antavat todellakin erinomaista valoa. Tässä näemme siis luonnollisimman kynttilän, oikean luonnonkynttilän edessämme.

Nyt on kuitenkin puhuttava sellaisista kynttilöistä, joita kaupassa nähdään. Tässä on ensiksi muutamia niin sanottuja kastettuja kynttilöitä. Niitä valmistetaan seuraavalla tavalla: rivi pumpulilankoja ripustetaan silmukoista keppiin, painetaan sulatettuun taliin, vedetään ylös ja jäähdytetään. Sitten kastetaan langat taas taliin ja niin jatketaan, kunnes riittävästi talia on keräytynyt sydämen ympärille ja kynttilä siten on tullut tarpeeksi paksuksi. Miten kovin erilaisia kynttilät ovat, voitte selvästi huomata näistä, jotka minulla ovat kädessäni. Nämä ensimmäiset ovat aivan ohuita, niitä käyttivät ennen vuorimiehet hiilikaivoksissa. Entiseen aikaan täytyi vuorimiehen itse valmistaa kynttilänsä. Säästäväisyydestäkin, mutta kaiketi etenkin siitä syystä, ettei luultu kaivoskaasujen yhtä pian syttävän pienestä kuin suuresta liekistä, tehtiin kynttilät niin ohuita, että niitä meni naulaan 20, 30, 40, jopa 60:kin kappaletta. Niiden sijasta käytetään nyt *Davy'n* ynnä muita turvalamppuja. — Tässä taas näette kynttilän, jonka översti Pasley on tuonut uponneesta »Royal George» laivasta. Se on ollut monta vuotta merenpohjassa meriveden vaikutuksen alaisena ja sitä paitsi hankautunut ja katkeillut, mutta sitä paremmin se vaan näyttää meille, kuinka hyvin kynttilä voi säilyä. Sytytettynä palaa se, kuten näette, aivan säännöllisesti, ja sulavalla talilla on alkuperäiset ominaisuutensa täydellisesti jällellä.

Eräs ystäväni on lähettänyt minulle useita hyviä näytteitä ja aineksia, jotka selittävät kynttilän valmistusta.

Tässä on ensiksi munuaisrasvaa, raavaan talia, luullaksemi venäläistä, josta kastettuja kynttilöitä tehdään. Tämä tali muutetaan *Gay-Lussac*'in keksimän menetelyn avulla tuoksi kauniiksi aineeksi, *steariiniksi*, jota näette tässä vieressä. Te tiedätte, etteivät meidän nykyiset kynttilämme rasvaa niin pahasti, kuin talikynttilät, vaan ovat aivan puhtaita, ja että niistä pudonneet pisarat voidaan irroittaa ja jauhaa hienoksi mitään likaa-matta. Menettely on seuraava: tali keitetään ensin sammutetun kalkin kanssa, jolloin muodostuu eräänlaista saippuaa. Tämä saippua hajoitetaan rikkihapolla, joka ottaa pois kalkin ja jättää muuttuneen rasvan steariinihappona jäljelle. Samalla muodostuu siirappimaista nestettä, glyseriiniä. Puristamalla eroitetaan sitten steariinihaposta kaikki öljymäiset osat. Tässä on muutamia puristettuja kakkuja, joista näette, miten epäpuhtaudet painon vaikutuksesta vähitellen yhä enemmän ja enemmän poistuvat. Jällelle jäänyt ainejoukko sulatetaan ja valetaan kynttilöiksi, sellaisiksi kuin tässä ovat. Kynttilät, joita nyt pidän kädessäni, ovat tällä tavalla valmistettuja *steariinikynttilöitä*. Tuossa on minulla taas puhdistetusta valaskalanrasvasta valmistettu valaanrasvakynttilä. Vielä näette tässä keltaista ja valkeata vahaa, mistä valmistetaan kynttilöitä. Tässä on merkillistä ainetta: Irlannin soista saatua *parafiinia**) sekä muutamia parafiinikynttilöitä. Ja lopuksi vielä erästä ainetta, jota tuodaan aina Jaapanista asti, eräänlaista vahaa, jota eräs hyvä ystäväni on lähettänyt. Se on uutta raaka-ainetta kynttiläteollisuudelle.

Kuinka nämä kynttilät sitten valmistetaan? Olen puhunut teille *kastetuista* kynttilöistä ja kerron nyt,

*) Nykyään saadaan parafiinia kynttiläteollisuutta varten eräistä ruskohiililajeista. Kun niitä vahvasti kuumennetaan suljetuissa astioissa, saadaan valokaasua, tervaa, koksia ja muita tuotteita. Parafiini eroitetaan tervasta jatkuvan käsittelyn kautta. Myös petroleumia puhdistettaessa saadaan sivutuotteena hiukan parafiinia.

kuinka *valetut* kynttilät tehdään. Otaksukaamme, että joku näistä kynttilöistä olisi tehty aineesta, jota voidaan valaa. »Valaako?» sanotte te. »Mutta kynttilähän on sulava kappale, ja mikä voi sulaa, se kai voidaan myöskin valaa.» Eipä niinkään! On merkillistä, miten käytännöllisessä työssä ilmestyy vaikeuksia, joita ei edeltäpäin odottaisikaan. Kaikenlaisia kynttilöitä ei suinkaan voida valaa. Niin on esim. vaha ainetta, joka palaa hyvästi ja sulaa hyvin helposti kynttilässä, mutta jota kuitenkaan ei voida valaa. Myöhemmin kerron lyhyesti vahakynttilöiden valmistamisesta, mutta nyt ensiksi puhun kynttilöistä, joita voidaan valaa.

Tässä on kehys muotteineen, joihin aluksi sovitetaan sydän. Tässä olen ripustanut rautalankaan punotun sydämen. Se ulottuu aivan alas asti, johon se on vaaralla kiinnitetty niin, että vaarna samalla pitää sen jäykkänä ja tukkii täydellisesti muotin alemman aukon, ettei nestettä pääse vuotamaan. Yläpäässä on muotissa poikkipuu, joka pitää sydämen aivan keskellä muottia. Nyt täytetään muotit sulatetulla talilla. Muotien jäähtyttyä tasoitetaan niiden yläpäässä tali ja sydämien päät leikataan poikki. Nyt tarvitsee vain kääntää muotit ylösalasin, kuten nyt teen, niin kynttilät putoavat niistä pois. Muotit ovat nimittäin keilan muotoisia s. o. alhaalta ahtaampia kuin ylhäältä. Kun kynttilät jäähtyessään hiukan supistuvat, irtautuvat ne muotistaan jo heikosti pudistelemalla.

Aivan samalla tapaa valmistetaan myös steariini- ja parafiinikynttilät.

Omituinen on vahakynttilöiden valmistus. Pumpuliset sydämet ripustetaan, kuten tässä näette, kehykseen, ja niiden päät peitetään metallisuojuksella, ettei niihin tarttuisi vahaa. Vaha sulatetaan *uunissa*. Niinkuin näette, voidaan kehystä pyörittää, ja niin tehdään samalla, kun työmies valaa sulaa vahaa sydämeen toisensa jälkeen. Näin muodostuneen ensimmäisen vahakerrok-

sen päälle valetaan sen jähmetyttyä toinen kerros, ja niin jatketaan, kunnes kynttilät ovat tulleet niin paksuiksi kuin halutaan. Silloin otetaan ne kehyksestään ja kieritetään hiotulla kivilevyllä sileiksi, päät leikataan pois ja puhdistetaan. Työmiehet tulevat tässä työssä niin taitaviksi, että saavat juuri neljä tai kuusi, tai niin monta kynttilää kuin halutaan, menemään naulaan.

Sivumennen mainitsen vielä, että kynttiläin valmisuudessa voi olla paljon ylellisyyttäkin, sekä värejä että kauniita muotoja. Katsokaa, kuinka ihanasti nämä kynttilät ovat maalatut! Malvasinistä, magenttaa ja kaikenkaltaisia vastakeksityitä erinomaisia värejä on tässä koristuksiin käytetty. Tällä kynttilällä on uurretun patsaan ihmeellinen muoto ja tässä on minulla kirjavilla kukilla koristettuja kynttilöitä, jotka sytytettyinä esittävät loistavaa aurinkoa ja sen alla kukoistavaa puutarhaa. Kaikki kaunis ei ole kuitenkaan hyödyllistä, ja nämä uurretut kynttilät esimerkiksi ovat kauniista näöstään huolimatta huonoja kynttilöitä, ja vieläpä juuri ulkomuotonsa tähden. Tällaiset koristelut useimmiten vain vähentävät *käyttökelpoisuutta*. Kuitenkin tahdoin näyttää teille nämäkin kynttilät, joita hyvät ystävät ovat aikojen kuluessa minulle lähettäneet, jotta saisitte nähdä, mitä tälläkin alalla on aikaan saatu. Mutta, kuten sanoin, jos tahdomme näitä koristuksia, täytyy meidän jonkunverran luopua tarkoituksenmukaisuudesta.

Nyt siirryn varsinaiseen aineeseemme, aluksi kynttilän liekkiin. Sytytän pari kynttilää, niin että ne pääsevät ihmeelliseen toimintaansa. Te tiedätte, kuinka erilaisia kynttilä ja lamppu ovat. Lampussa on öljyllä täytetty säiliö, johon on asetettu pumpulista valmistettu sydän. Sydämen yläpää sytytetään ja, kun liekki on tullut öljyyn asti, sammuu se siellä, mutta palaa edelleen sydämen ylemmissä osissa. Nyt kysytte epäilemättä, mistä johtuu, että öljy, joka ei itsekseen tahdo

palaa, kohoaa sydämen päähän, jossa se palaa; pian tutkimme sitäkin. Mutta kynttilän palaessa tapahtuu vielä paljon ihmeellisempää. Siinä on meillä kiinteä aine, joka ei tarvitse säiliötä — kuinka se, kun se ei ole juoksevaa, voi kohota tuonne, missä näemme liekin? Tahi jos sen palaakseen täytyy muuttua nesteeksi, kuinka voi kynttilä kuitenkin pysyä koossa? Tosiaankin se on ihmeellinen kappale, niin kynttilä kuin vain onkin!

Täällä huoneessa on ilma kovasti liikkeessä, se on monessa kokeessa edullista, mutta toisissa haitallistakin. Tehdäksemme asian yksinkertaisemmaksi, järjestän niin, että saan aivan levollisen liekin. Sillä kuinka voidaan asiaa tutkia, jos siihen kuulumattomat sivuseikat koko ajan ovat tiellä? Tässä voimme oppia torimuijilta, jotka iltaisin pitävät kauppaa avonaisilla kaduilla. Olen heitä usein ihmetellyt. He panevat kynttilän ympärille lieriön, jota kannattaa jonkunlainen kehys, jota voidaan tarpeen mukaan nostaa tai laskea. Tämä lieriö tekee liekin tasaiseksi, niin että sitä voi tarkkaan katsella ja huolellisesti tutkia, kuten te toivottavasti kotona teette.

Tässä huomaamme nyt ensiksi, kuinka kynttilän yläpää liekin alla muodostuu somaksi maljaksi. Kynttilän ympärillä oleva ilma kohoaa nimittäin liekin kuumuuden vaikutuksesta ylöspäin ja jäähdyttää kynttilän ulkopinnan, niin että maljan reuna pysyy kylmempänä ja sulaa vähemmän kuin keskus, koskapa liekki siihen eniten vaikuttaa pyrkiessään mahdollisimman alas sydäntä myöten. Niin kauan kuin ilma virtaa tasaisesti joka puolelta, pysyy malja aivan vaakasuorassa, niin että siinä uivan sulan kynttiläaineen täytyy senkin pysyä vaakasuorassa. Mutta jos johdan tänne ilmapirran sivultapäin, muuttuu malja heti vinoksi ja juokseva aine vuotaa siltä puolelta pois saman painolain vaikutuksesta, joka liikuttaa ja koossapitää maailmoita. Te näette siis, että maljan muodostaa tasainen ylöskohoava

ilmavirta, joka on samanlainen kynttilän joka puolella ja siten pitää sen kylmänä. Ainoastaan sellaisia aineita voidaan kynttilöinä käyttää, jotka palaessaan voivat muodostaa tällaisen maljan. Tämä sääntö ei kuitenkaan koske ennen mainittua irlantilaista kynttiläpuuta, joka sienen tavoin pitää palamisaineet itsessään. Nyt voitte jo itsekin selittää, miksi minä äsken käytin niin kovia sanoja noista kauniisti muodostetuista, uurretuiista kynttilöistä. Niissähän ei maljan reuna voi olla ehjä, vaan se vuorotellen nousee ja laskee. Nämä kauniit kynttilät palavat huonosti, ne vuotavat, koska ympäryksen epätasaisuuden vuoksi ilmavirta ei pysy tasaisena ja se taas uudelleen estää maljan muodostumista säännölliseksi. Tässä ei siis kysytä kaunista ulkomuotoa, vaan käytännöllistä kelvollisuutta.

Me voimme tässä nähdä muutamia hauskoja esimerkkejä ylöspäin kohoavan ilmavirran vaikutuksesta. Tässä on kynttilä vähän vuotanut, ja alaspäin valunut vaha tehnyt sen kohdan kynttilää hiukan paksummaksi, kuin muut puolet. Kun nyt kynttilä rauhallisesti edelleen palaa, jää tuo valunut vaha paikoilleen ja muodostaa pienen, maljan reunan yli kohoavan pylvään. Koska se kohoaa korkeammalle kuin muu vaha ja on kaukana keskustasta, voi ilma paremmin päästä siihen vaikuttamaan, siis myös enemmän jäähdyttää sitä, ja siten auttaa sitä vastustamaan kuumuuden vaikutusta niin lähellä liekkiä. Niin johtavat, kuten useissa muissakin tapauksissa, myöskin kynttilässämme epämuodostukset ja viat meitä oppimaan sellaista, jota muuten kenties hyvinkin vaikeasti olisimme oppineet. Siten tulemme tahtomattammekin luonnontutkijoiksi, ja minä toivon, että te aina, kun jonkun ilmiön näette, erittäinkin jos se on teille uusi, kysyisitte: »Mikä on syynä tähän? Miten se tapahtuu?» Aikojen kuluessa kyllä löydätte syyn siihen.

Toinen kysymys, joka vaatii vastausta, on: Kuinka kynttilän polttoaine pääsee maljasta ylös sydäntä pit-

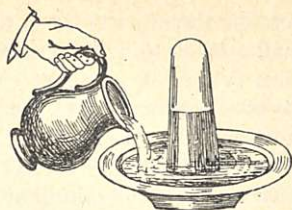
kin palamispaikkaan? Te tiedätte, että vaha-, steariini- ja valaanrasvakynttilöissä liekki ei kulje alas palavaa sydäntä pitkin polttoaineeseen ja sulata sitä kokonaan, vaan että se pysyy paikoillaan ylhäällä, erillään alempana olevasta nesteestä ja jättää maljan reunat koskematta. En voi ajatella kauniimpaa yhteistoiminnan esimerkkiä: parhaimman tuloksen saamiseksi palvelee kynttilässä jokainen osa toistaan. Minusta tuntuu ihmeelliseltä nähdä noiden palavien aineiden niin tasaisesti palavan liekin niihin koskematta, erittäinkin kun ajattelee, kuinka voimakas liekki on hävittämään vaha, jos se tulee sitä liian lähelle.

Mutta kuinka liekki sitten saa polttoainetta? *Hiuspillivoiman* vaikutuksesta! »Hiuspillivoimanko vaikutuksesta?» kysytte te. Niinpä niin, nimi ei vaikuta asiaan, — se annettiin aikoina, jolloin ei vielä ollut oikeata käsitystä siitä voimasta, jota sen piti kuvata. Tämä niin sanottu hiuspillivoima kuljettaa polttoaineen palamispaikkaan, eikä vain ylimalkaisesti, vaan soman sopivasti juuri sen paikan keskusta, jossa sitä tarvitaan.

Paremmiin selvittäökseni teille tämän ilmiön, esitän muutamia esimerkkejä hiuspillivoimasta. Tämän voiman avulla voivat kaksi ainetta, jotka eivät sula yhteen, kuitenkin tarttua yhteen. Jos te esimerkiksi haluatte pestä kätenne, kastatte te ne veteen ja huomaatte, että ne myöskin kastuvat. Se tapahtuu juuri tuon voiman kautta, josta tässä puhun. Edelleen, jos kätenne eivät ole likaiset — jollaisiksi ne useimmiten tavallisissa töissä tulevat — ja te asetatte siis aivan puhtaan sormen lämpimään veteen, niin huomaatte tarkkaan katsellessanne, kuinka vesi nousee sormea myöten korkeammalle kuin se on astiassa. Tässä on minulla lautasella hyvin huokoista ainetta, suolapatsas, ja lautaselle en kaada puhdasta vettä, kuten teistä ehkä näyttää, vaan kyllästettyä suolaliuosta, siis vettä, joka ei voi enää liuottaa enemmän suolaa. Siis se ilmiö, jonka

nyt näette, ei voi riippua suolapatsaan osasten liukenemisestä. Otaksutaan nyt, että lautanen on kynttilä, suolapatsas on sydän ja tämä liuos sulaa vahaa. Jotta voisitte paremmin huomata ilmiön, olen värjännyt liuksen siniseksi. Nyt kaadan sitä lautaselle ja te näette, kuinka se vähitellen etenee suolassa, kuinka se kohoaa korkeammalle ja korkeammalle, ja se saapuu varmasti huippuun, jos ei patsas sillä välin kaadu. Jos tämä sininen liuos olisi palavaa nestettä, niin voisi sen — jos patsaan huippuun olisi asetettu sydän — sytyttää, kun se pääsee huippuun. On hyvin mieltäkiinnittävää tarkastaa tällaisia ilmiöitä kaikkine omituisine syrjäseikkoinen. — Kuten te pestyänne kätenne otatte pyyhkimen, että se imisi kosteuden käsistänne, samoin imee sydän saman voiman vaikutuksesta vahaa, steariinia j. n. e. itseensä nostaen sen ylös liekkiin saakka.

Tunsin muutamia huolimattomia lapsia — vaikka tapahtuu sellaista joskus huolellisillekin ihmisille —, jotka pyyhittyään kätensä heittivät pyyhkimen huolimattomasti pesuastian reunalle. Lyhyessä ajassa johti liina kaiken veden astiasta lattialle, koska se sattumalta oli tullut astian reunalle sillä tavalla, että se saattoi vaikuttaa juoksuttimena. Että selvemmin huomaisitte, kuinka tällainen kappalten vaikuttaminen toisiinsa tapahtuu, on minulla tässä vedellä täytetty, tiheäsilmäisestä metallilankaverkosta tehty astia, jota hyvin voi ominaisuuksiltaan pumpuliin tai karttuunipalaseen verrata; ja tosiaankin on olemassa lampunsydämiä, jotka ovat valmistetut tällaisesta metallikudoksesta. Te näette, että astia on huokoinen; sillä jos nyt kaadan siihen vettä, vuotaa sitä samalla alhaalta pois. Astiassa on kuitenkin



Kuva 1.
Neste nousee suolapatsaaseen.

vettä, kuten näette, ja siitä huolimatta juoksi äsken samalla aikaa siihen ja siitä pois vettä, niin kuin olisi se ollut tyhjä. Te joutuisitte varmaankin pulaan, jos teidän täytyisi selittää tätä minun astiani kummaa omituisuutta.

Se syy on seuraava: kerran kastuneet langat pysyvät märkinä ja, kun silmukat ovat hyvin ahtaita, vetävät ne vettä joka puolelta puoleensa niin voimakkaasti, ettei se voi juosta pois, vaikka astia onkin huokoinen. Samalla tavalla kohoavat kynttilän palaessa sulaneet vahaosaset ylöspäin sydämessä ja saapuvat sen huippuun. Toisia osia niiden keskinäinen vetovoima vetää perästä ja liekki kuluttaa ne toisen toisensa jälkeen, niin pian kuin ne siihen saapuvat.

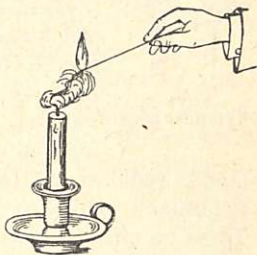
Vielä toinen esimerkki. Tässä näette palasen Espanjan ruokoa. Siinä on pitkittäin kulkevia huokoisia onteloita, siis hiuspillisyyttä, kuten voidaan nähdä siitä, että katupojat, jotka mielellään tahtoisivat näyttää miehiltä, usein sytyttävät tällaisen palasen toisen pään ja polttavat sitä kuin sikaria. Jos nyt panen tämän ruokopalasen pystyyn lautaselle, jossa on bentsiiniä (nestettä, jolla on samanlaiset yleiset ominaisuudet kuin parafiinilla), niin nousee bentsiini heti, samalla lailla kuin sininen liuos suolapatsaaseen, ylös ruokoa pitkin. Ja ylöspäin siinä kaiken nesteen täytyykin kohota, kun sivuilla ei ole huokosia, niin ettei se voi muihin suuntiin liikkua. Katsokaa, nyt on bentsiini jo saapunut yläpähän ja, kun se on helposti palavaa, voin sen heti sytyttää ja käyttää tätä kynttilänä.

Ainoa syy, miksi kynttilä ei ilman muuta pala sydäntä pitkin alas, on se, että sulanut tali sammuttaa liekin. Te tiedätte, että kynttilä heti sammuu, jos sen kääntää ylösalaisin, niin että sulanut polttoaine juoksee sydämen päähän. Se johtuu siitä, että liekillä ei silloin ole tarpeeksi aikaa riittävästi kuumentaa sitä suurempaa määrää polttoainetta, minkä se silloin saa, niinkuin se

ylhäältäpäin tekee, jolloin ainoastaan pienet määrät vähitellen nousevat sydämeen ja saavat liekin koko kuumuuden osakseen.

Tulemme nyt tutkimuksessamme hyvin tärkeään kohtaan, jonka perinpohjainen selvittäminen on välttämätön, jotta voisitte täydellisesti käsittää kynttilän liekissä tapahtuvan ilmiön; tarkoitan polttoaineen kaasumaista olotilaa. Jotta minua oikein ymmärtäisitte, tahdon näyttää teille yhtä soman kuin yksinkertaisen kokeen. Jos varovasti puhallatte sammuksiin kynttilän liekin, näette siitä nousevan höyryä. Olette varmaan useinkin

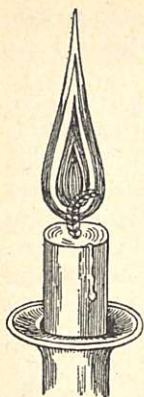
tunteneet sammutetun kynttilän höyryn hajun — se on jotenkin epämiellyttävä. Mutta jos sammuttaminen tapahtuu, kuten sanoin, hyvin varovaisesti, voi aivan selvästi nähdäkin höyryn, joksi kynttilän kiinteä aine on muuttunut. Nyt sammutan kynttilän niin, ettei ilma sen ympärillä joudu liikkeeseen, siten nimittäin, että tasaisesti hengitän kynttilään. Jos nyt tuon palavan tikun 2 tai 3



Kuva 2.
Kynttiläaineen höyry sytytetään.

tuuman päähän sydäimestä, huomaatte tulen leimauksen, joka vilahtaa höyryssä kynttilään saakka. Kaikki tämä täytyy minuntehdä sängen nopeasti, koska höyry tiivistyy, jos annan sille aikaa jäähtyä nestemäiseen tahi kiinteään muotoon, tahi palava aine ehtii hajaantua ilmaan.

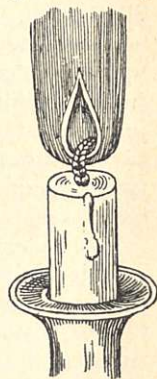
Nyt tulemme liekin muotoon. On tärkeätä saada selville, missä olomuodossa kynttiläaine on sydämen kärjessä, missä liekki on kauneimmillaan ja niin loistavana, ettei sellaista missään muualla nähdä. Tehän tunnette kullan ja hopean loistavan kauneuden, vielä niitäkin kirkkaammin hohtavat ja välkkyvät jalokivet, kuten rubiinit ja timantit — mutta mikään näistä ei ole liekin loiston ja kauneuden vertainen. Mikä ti-



Kuva 3.
Kynttilän liekki.

mantti voi valaista liekin lailla? Se saa yöaikaan loistostaan kiittää juuri liekkiä, joka sitä valaisee. Liekki valaisee pimeyden — timantin valo ei ole mitään, se alkaa vasta silloin, kun säde jostain liekistä siihen sattuu. Ainoastaan kynttilä antaa valoa itsestään ja itselleen, tai niille, jotka ovat sen aineosat yhteen koonneet!

Tarkastakaamme nyt lähemmin liekin muotoa sellaisena, kuin se tässä lasilieriön alla näkyy! Se on pysyvä ja tasainen ja yleensä sellainen kuin kuvassamme, mutta voi kuitenkin monella tavoin muuttuakin ilman vaikutusten ja kynttilän suuruuden mukaan. Se on alapäästään pyöristetyn kartion muotoinen, kirkkaampi ylhäältä kuin alhaalta, missä sydän on. Alhaalla lähellä sydäntä eroittaa selvästi himmeämmän osan, jossa palaminen ei ole vielä niin täydellinen kuin ylempänä. Tässä on minulla liekin kuva. Se esittää lampun liekkiä, mutta sopii myös kynttilän liekkiin. Öljysäiliö kuvaa kynttilän maljaa, öljy kynttilän sulanutta ainetta ja sydän on sama kummallakin. Kuvan tekijä on sydämen ympärille kuvannut liekin ja sitten sen ympärille aivan oikein asettanut kerroksen, jota emme kyllä voi nähdä ja josta ette mitään tiedä, jos ette ennen ole olleet täällä tai muuten ole asian perillä. Hän on sillä esittänyt ympärillä olevaa ilmaa, joka on sekin aivan oleellista liekille ja jota aina löytyy sen läheisyydessä. Tässä on hän edelleen kuvannut ilmavirran, joka kohottaa liekin ylös, sillä ilmavirta, kuten tässä näette, kohottaa todellakin liekin ylös, vieläpä aika korkealle; aivan



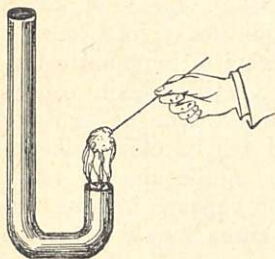
Kuva 4.
Liekin ympärillä
kohoava ilma-
virta.

niinkuin kuvan tekijä sen on osoittanut jatkamalla ilma-virtaa. Tästä voi paraiten tulla vakuutetuksi asettamalla palavan kynttilän auringonpaisteeseen ja antamalla sen varjon langeta valkealle paperille. Merkillistä on, että liekki, joka itse on niin kirkas, että muut kappaleet sen valosta synnyttävät varjoja, itsekin antaa varjon. Silloin näkee selvästi, kuinka liekin ympärillä jotakin virtailee, joka ei kuulu itse liekkiin, vaan kohoaa ylös sen vieressä ja nostaa sitä mennessään. Jäljittelen nyt auringonvaloa yhdistämällä tämän sähköpariston sähkölamppuun. Katsookaapa meidän omatekoisen aurinkomme suurta valovoimaa! Jos nyt asetan sen ja tämän varjostimen väliin kynttilän, niin saamme varjostimelle liekin varjon. Voitte selvästi erottaa kynttilän ja sydämen varjon, sitten tässä tumman osan, niinkuin kuvassakin, ja vihdoin kirkkaamman osan. On merkillistä, että varjossa näemme tummimpana sen osan liekkiä, joka todellisuu-
dessa on kirkkain. Tässä lopuksi näemme, aivan kuin kuvassakin, ylöskohoavan ilmavirran, joka ylläpitää liekkiä, nostaa sen ylös mukanaan ja jäähdyttää polttoainemaljan reunan.

Voin näyttää teille toisellakin kokeella, kuinka liekki aina nousee tai laskee riippuen ilmavirran suunnasta. Tämän liekin ylöspäinkohoavan ilmavirran aijon muuttaa alaslaskevaksi, minkä voinkin helposti tehdä tämän laitteen avulla, joka tässä on edessäni. Liekki ei, kuten näette, ole kynttilän vaan alkoholin liekki, joka on siitä hyvä, ettei se savua; mutta epäilemättä huomaatte tarpeeksi yhteellisyyttä tämän ja kynttilän liekin välillä, voidaksemme verrata niitä toisiinsa. Kun liekki itsestään valaisee niin heikosti, että teidän olisi vaikeata seurata sen suuntaa, värjään sen muilla aineilla. Nyt sytytän sprin ja, koska liekki on vapaana ilmassa, kohoaa se luonnollisesti ylöspäin, kuten kaikki liekit tavallisissa olosuhteissa palamisessa syntyvän ilmavirran vaikutuksesta tekevät, niinkuin jo hyvin ymmärrätte.

Mutta nyt näette, että voin pakottaa liekin kulkemaan alaspäin sen kautta, että puhallan tähän pieneen savuputkeen, ja siten käännän ilmavirran suunnan. Ennen näiden luentojen loppua näytän teille lampun, jossa liekki kulkee ylös- ja savu alaspäin, tai liekki alas- ja savu ylöspäin. Näette siis, että tällä tavalla voimme ohjata liekkiä eri suuntiin.

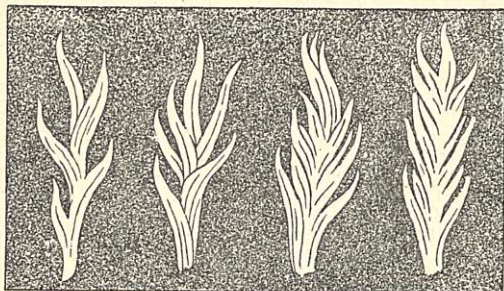
Nyt tahtoisin kiinnittää huomionne muutamiin muihin kohtiin. Monet täällä palavista liekeistä ovat muodoltaan hyvin toisistaan eroavia, ja ainoastaan ilmavirtojen vaikutuksesta, jotka kääntelevät niitä eri suuntiin. Toiselta puolen voimme myös synnyttää liekkejä, jotka jäävät muuttumattomiksi kuin kiinteät kappaleet, niin että helposti voimme ne valokuvata — ja se meidän todellakin täytyy tehdä, voidaksemme monia seikkoja tutkia. Mutta tahdoin teille sanoa vielä muutakin. Jos otan riittävän suuren liekin, niin sillä ei ole määrättyä pysyvää muotoa, vaan se vaihtelee ihmeellisellä voimalla. Sen näyttämiseksi käytän kynttilän vahan tai talin sijasta erästä toista polttoainetta. Minulla on tässä suuri pumpulitukko, joka saa olla sydämenä. Missä se nyt, kun sen kastan spriihin ja sytytän, eroaa tavallisesta kynttilästä? Hyvinkin huomattavasti siinä, että palaminen on vilkkaampaa ja rajumpaa, jollaista kynttilän liekissä emme milloinkaan saa nähdä. Katsokaa,



Kuva 5.
Pumpulitukko sytytetään.

kuinka kauniit kielet yhä uudelleen ja uudelleen hylmuavat ilmaan? Liekin suunta on sama, alhaalta ylöspäin nouseva; mutta sen sijaan ei kynttilässä milloinkaan huomata tuollaista ihmeellistä hajaantumista huippuihin ja kärkiin ja noita vilkkaasti esiinleimuavia kieliä. Mistä ne johtuvat? Minun täytyy

selittää se teille; sillä jos täydellisesti ymmärrätte sen, niin voitte paremmin seurata sitä, mitä myöhemmin puhun teille. Luulen, että useat teistä ovat jo itsekin tehneet sen kokeen, jonka nyt teille näytän. Varmaan ovat monet teistä huvitelleet leijonankitaleikillä, minkä pääosana on se, että poltetaan pimeässä viinaa lautasella, jossa on rusinoita tai luumuja. En tiedä mitään, millä kauniimmin voisin valaista tätä osaa aineestamme, kuin tuolla leikillä. Tässä on minulla ensiksi lautanen, ja huomautan samalla, että, joka haluaa oikein kauniin



Kuva 6.
Rusinaliekin eri osat.

leijonankitaleikin, hänen on otettava jo edeltäpäin hyvin lämmitetty lautanen; samoin pitää luumut ja viina ensin lämmittää.

Kuten kynttilässä oli malja ja siinä sulanut polttoaine, niin on tässäkin kuppi ja siinä sprii. Rusinat toimittavat sydämen virkaa. Nyt sytytän spriin, ja te näette nyt ihmeellisten tulenkielten hulmuavan ylöspäin; ilma tunkeutuu kupin reunan yli ja tempaa nämä kielet mukaansa. Ilmavirran kiivauden ja ilmiön epäsäännöllisyyden takia ei liekki voi nousta yhtenä ja yhtenäisenä. Ilma virtailee nimittäin niin epäsäännöllisesti lautaselle, että se, mikä muuten muodostaisi yhtenäisen ku-

van, näyttää hajoavan eri osiin, joista jokaisella on oma erikoinen laatunsa. Voisin melkein sanoa, että näemme tässä joukon itsenäisiä kynttilöitä edessämme. Mutta teidän ei pidä luulla, että, koska näemme kaikki nämä kielet samalla kertaa, niiden kokonaiskuva esittää liekin oikean muodon. Sellainen liekki, jonka näimme jakkaralta kohoavan, ei koskaan oikeastaan ole sen muotoinen, miltä se meistä näyttää. Siinä on joukko muotoja, jotka seuraavat niin nopeasti toisiaan, ettei silmä voi niitä yksitellen käsittää, vaan saa samalla kertaa kokonaisvaikutuksen niistä. Olen aikaisemmin tahallani puhunut näin yleisluontoisesta liekistä, ja tässä vieressä olevassa kuvassa näette yksityiset osat, joista se on kokoonpanttu; ne eivät ole kaikki yhtäaikaa olemassa, vaan seuraavat toisiaan niin nopeasti, että silmä ne käsittää yhtenä liekinä.

On ikävää, ettemme tänään päässeet leijonankitaleikkiäni pitemmälle. Mutta se muistuttaa minua vasta pysymään paremmin asiassa, niin etten tuhlaa teidän aikaanne tällaisiin koristuksiin.

Toinen luento.

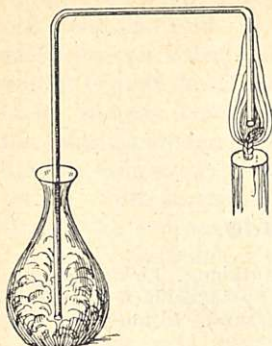
Liekissä palavien höyryjen lähempi tutkimus. Liekin kuumuuden jakautuminen. Ilman merkitys. Epätäydellinen palaminen; liekin noki. Palaminen ilman liekkiä (rauta). Liekin valo. Hiili kynttilän liekissä. Palamistulokset.

Ensi kerran yhdessä ollessamme koetimme etupäässä oppia tuntemaan kynttilän sulaneitten osien ominaisuuksia ja päästä selville tavasta, miten ne saapuvat palamispaikkaan. Edelleen huomasimme, että tasaisesti, tyynessä ilmassa palavalla liekillä on määrätty muoto, jotakuinkin sellainen kauniin säännöllinen, kuin kuvassa näimme, mutta että se luonteeltaan on hyvin merkillinen.

Tänään kiinnitämme huomiomme keinoihin, joiden avulla saamme tietää, mitä liekin eri osissa tapahtuu ja mitä palamisen jälkeen kynttilästä tulee. Sillä tiedättehan, että kynttilä, joka edessämme palaa, häviää, jos palaminen säännöllisesti jatkuu, kokonaan, jättämättä mitään jälkiä kynttiläjalkaan — todellakin erittäin merkillinen ilmiö.

Voidaksemme huolellisesti tutkia kynttilän liekkiä, olen tänne asettanut koneen, jonka käytäntöön heti saatte tutustua.

Tässä on kynttilä; tämän lasiputken asetan liekin keskukseen, siis siihen osaan, joka kuvassa oli tummin, ja jonka voitte selvästi huomata jokaisessa levollisesti palavassa liekissä. Tätä tummaa osaa tahdomme siis ensin tutkia.



Kuva 7.
Kynttilähöyryn kokoaminen
pulloon.

Kun nyt pidän taivutetun lasiputken toista päätä liekissä, niin voitte huomata, että jotakin virtaa ulos liekistä ja poistuu lasiputken toisesta päästä. Jos nyt asetetaan pullo putken suulle, nähdään että liekin keskimäisestä osasta vähitellen jotakin eroaa ja saapuu lasiputkea myöten pulloon, ja että sen olomuoto siellä on kokonaan toisenlainen kuin vapaassa ilmassa. Se tunkeutuu ulos putken suusta ja laskee sitten pullon pohjalle kuten raskaat aineet, jommoista se itse asiassa onkin. Huomaamme, että se on kynttilän vahaa, joka on muuttunut höyrymäiseksi nesteeksi — ei kaasuksi. (Teidän on opittava erotus kaasun ja höyryn välillä: kaasu on jotain pysyvää, kun taas höyry helposti uudestaan tiivistyy.) *) Jos puhallatte kynttilän sammuk-

*) Ilma on kaasua; samoin tavallinen valokaasu. Ilma ja valokaasu säilyttävät ilmamaiset ominaisuutensa mitä erilaisimmissa oloissa. Kovinkaan talvipakkanen ei voi niihin vaikuttaa. — Mutta toisin on höyryn laita. Veden voimme esim. helposti muuttaa höyryksi. Niin teemme, kun lämmittämällä saatamme sen kiehumaan. Jos vettä keitetään avonaisessa astiassa, huomataan astian sisällyksen vähitellen vähenevän. Mutta vesi ei ole hävinnyt, se on vaan levinnyt höyrynä ilmaan. Tämä höyry on aivan ilman kaltaista, se ei ole muuta kuin ilmamaista vettä. Mutta vesihöyry kadottaa ilmamaisen muotonsa yhtä helposti kuin saakin sen. Sen ei tarvitse muuta kuin jäähtyä muuttuakseen taas nesteeksi, kuten talvella voimme joka keittiössä havaita. Vesi, joka höyrynä nousee padoista ja näkymättömänä leviää ilmaan, laskeutuu kylmille seinille ja akkunarauuille ja tippuu suurina pisaroina alas. Jos johdamme ilmaa kylmään veteen, näemme kuplien esteettömästi kulkevan veden läpi. Mutta jos teemme saman höyrylle, joka nousee kiehuvasta astiasta, katoavat kaikki höyrykuplat, sillä tullessaan kylmän ve-

siin, niin siitä nousee pahaa hajua, mikä johtuu tämän höyryn tiivistymisestä. —

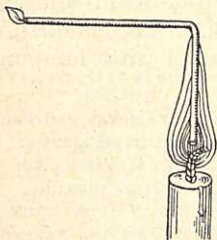
Tämä höyry on kokonaan toisenlaista kuin se, mitä liekin ulko-osissa on. Saadakseni tämän teille selvemmäksi, valmistan suuremman määrän tätä höyryä ja sytytän sen. — Sillä luonnontutkijoina emme voi tyytyä vain siihen pieneen määrään tätä ainetta, mitä tavallisesta kynttilästä saamme, jos kerran tahdomme tutkia sen eri aineosiakin. Nyt hankkii herra Anderson *) minulle lämpölähteen voidakseni näyttää teille, mitä tämä höyry on. Tässä on minulla vahaa lasipullossa ja sitä lämmitän, jotta se tulisi kuumaksi, kuten liekin sisäosa, polttoaine ja sydänkin ovat kuumia. (Esitelmäitsijä panee vahaa lasipulloon ja kuumentaa sitä lampun

den yhteyteen muuttuvat ne takaisin nestemäiseksi vedeksi. Myös, jos pidämme kylmää levyä, kantta tai muuta sellaista kiehuvan vesiastian yläpuolella, näemme, kuinka ylöskohoava vesi-höyry heti nestepisaroina laskeutuu kylmän esineen pinnalle.

Mutta ilman lämmittämistä tai keittämistäkin voi vesi muuttua höyryksi. Vesipisara, joka putoaa lattialle, häviää sangen pian, märkä pyykki kuivaa muutamissa tunneissa, kun se asetetaan vapaasti ilmaan. Tämäkin riippuu veden muuttumisesta höyryksi, mutta tämä n. s. haihtuminen tapahtuu hitaammin kuin kiehuminen ja ainoastaan yläpinnalta. Meren pinnasta haihtuu alati suunnattomia vesimääriä. Tällä tavoin muodostunut vesihöyry kohoaa ilmaan, leviten siellä aluksi näkymättömänä. Mutta heti kun se yläilmoissa tulee kylmien ilmakerrosten yhteyteen, ei se enää voi pysyä höyrynä, vaan tiivistyy vedeksi ja muodostaa pilviä, sadetta tai lunta. Pilvetkin sisältävät nestemäistä vettä hyvin hienoina pisaroina, jotka pysyvät leijailen ilmassa. Sateena putoaa vedeksi tiivistynyt höyry sitten maahan, lähteinä, puroina ja jokina virtaa se takaisin mereen, ja taas uudestaan alottaa sen suuren kiertokulkunsa.

*) Tämä herra Anderson — Faraday'n apulainen — oli hyvin kunnioitettava, mutta samalla omituinen mies. Hän sanoi Faraday'n luennoista: »Minä teen kokeet, ja Faraday puhuu niiden johdosta.» Rakastettavalla ja lempeällä tavallaan kohtelikin Faraday tätä vanhaa miestä aina niin, kuin heidän keskinäinen suhteensa olisikin todella ollut sellainen.

päällä). Nyt luulen sen olevan kyllin lämmintä tarkoitukseensa. Te näette, että pullossa oleva vaha on sulanut ja että siitä nousee hiukan savua. Kohta näemme siitä nousevan höyryä. Samalla lämmitän vaha vielä kuumemmaksi, että saamme enemmän höyryä, ja nyt voin kaataa sen pullosta tähän maljaan ja sytyttää sen siinä. Se on juuri samaa höyryä, mitä kynttilän liekin keskuksessa on. Ja jotta tulisitte siitä vakuutetuiksi, tutkimme, emmekö saaneet tähän pulloonkin kynttilän keskuksesta palavaa höyryä. (Samalla ottaa hän pullon, johon lasiputki kynttilästä on johtanut, ja pistää pala-



Kuva 8.
Kynttilästä saatu höyry
pala lasiputken päässä.

van vahakappaleen siihen). Katso-
kaa, kuinka se palaa! Tämä on
kynttilän keskuksesta saatua höy-
ryä, jonka kynttilän oma lämpö
on valmistanut; ja se on ensimmäi-
nen kohta, mikä teidän on hu-
mattava niiden muutosten sarjasta,
joiden alaisena vaha palaessaan on.
Nyt asetan varovasti toisen putken
liekkiin, enkä ihmettelisi, vaikka ole-
malla hiukan huolellisia voisimme
johtaa höyryä putken toiseen pää-
hän, jossa sen sitten sytytämme, ja siis olemme saaneet
kynttilän liekin siirtymään erilleen itse kynttilästä. *)
Katsokaa nyt tänne! Eikö tämä ole erittäin soma koe?
Puhukoot muut kaasujohdoistaan, me voimme puhua
kynttiläjohdosta! Te opitte tästä, että liekissä tapahtuu
kaksi aivan eri ilmiötä; toinen on *höyryn syntyminen*,
toinen sen *palaminen* — kumpikin tapahtuu omassa
osassaan kynttilänliekkiä.

Jo palaneesta liekin osasta ei enää voida saada höy-
ryä. Jos kohotan putkea kuvassa 7 liekin yläosaan, niin

*) Koe onnistuu paremmin, jos suorakulmaisesti taivutetun
putken sijasta liekkiin asetetaan lyhyt, suora, tarpeeksi laaja
putki vinoon, noin 45 °:n kulmaan.

ei se aine, mikä silloin tulee putkeen, enää voi palaa, sillä sehän on jo palanut. — Kuinka se on palanut? — Kynttilän keskuksessa sydämen luona on palavaa höyryä; liekin ulkopuolella on ilmaa, jota kohta huomaamme välttämättömästi tarvittavan kynttilän palaessa. Näiden välillä tapahtuu kiivas kemiallinen ilmiö, jossa ilma ja polttoaine vaikuttavat toisiinsa; ja juuri samalla kuin liekki meitä valaisee, häviää höyry. Jos tutkitte, missä liekin kuumin kohta on, huomaatte omituisen seikan. Otan esim. tämän kynttilän ja pidän paperipalasta juuri liekin yläpuolella: missä on nyt liekin kuumin paikka? Te näette, että se *ei* ole keskellä. Se on ympyrässä tarkalleen siinä paikassa, missä sanoin kemiallisen ilmiön tapahtuvan. Ja vaikka en nyt voikaan tehdä tätä koetta niin huolellisesti, kuin suotavaa olisi, tulee paperiin renkas kuitenkin, jollei ilma ole liian kovassa liikkeessä. Tämä on koe, jonka hyvin voitte tehdä kotonanne. Ottakaa paperikaistale, katsokaa, että ilma huoneessa on levossa, ja pitäkää paperia juuri liekin keskuksen yläpuolella — mutta parasta on, etten puhu sillä aikaa, kun teen koetta — te huomaatte, että paperi on muuttunut kahdesta paikasta, mutta keskeltä ainoastaan vähän tai ei yhtään. Kun olette kaksi tai kolme kertaa tehneet tämän kokeen, niin että se onnistuu hyvin, on hyvin mieltäkiinnittävää nähdä, missä kohdassa suurin kuumuus on, ja huomata, että se on siinä, missä ilma ja polttoaine yhtyvät.

Tämä on eteenpäin mennessämme erittäin tärkeä kohta. Ilma on välttämättömän tarpeellista palamiselle; ja vielä enemmän: minun täytyy painostaa, että palamiseen välttämättömästi tarvitaan *vaitista* ilmaa. Tässä on pullo, joka on täynnä ilmaa. Minä käännän sen kynttilän päälle, joka aluksi pullon alla palaa hyvin ja näyttää, että äskeinen puheeni oli totta. Mutta kohta asia muuttuu. Katsokaa, kuinka liekki venyy pitemmäksi, käy heikommaksi ja heikommaksi ja vihdoin

sammuu. Ja miksi sammuu? Ei siksi, että se kaipaa ilmaa — pullohan on edelleenkin täynnä, — vaan siksi että se tahtoo saada *puhdasta, raitista* ilmaa. Pullo on täynnä ilmaa, joka on osaksi muuttunutta, osaksi muutumatonta, mutta siinä ei ole kylliksi puhdasta ilmaa, jota kynttilä tarvitsee palaakseen. Nämä kaikki ovat asioita, jotka meidän nuorina kemisteinä täytyy huomata, ja jos hiukan tarkemmin tällaisia ilmiöitä tarkastamme, huomaamme niissä useampia lähtökohtia mieltäkiinnittäviin tutkimuksiin. Tässä on esimerkiksi öljylamppu, jonka jo teille näytin, erinomaisen sopiva kokeisiimme; se on tunnettu *Argand*'in lamppu. Muutan sen nyt kynttiläksi (sulkemalla ilmaa pääsyn liekin keskeen). Tässä on sydän, tässä nousee öljy siihen ja tässä on keilanmuotoinen liekki. Se palaa huonosti, koska ilma on osaksi suljettu pois. Ilma pääsee ainoastaan ulkopuolelta vaikuttamaan liekkiin ja sentähden ei se pala hyvästi. En voi päästää enemmän ilmaa ulkopuolelta liekkiin vaikuttamaan, koska sydän on liian suuri. Mutta jos minä, kuten *Argand* nerokkaasti teki, avaan ilmalle tien liekin keskukseen, niin saatte nähdä, kuinka paljon kauniimmin se palaa. Jos suljen tuon ilman pois, niin katsokaa, kuinka se savuaa. Mutta miksi? Siinä on meillä muutamia mieltäkiinnittäviä kohtia tutkittavanamme. Meillä oli tapaus, jolloin kynttilä paloi täydellisesti; samoin tapaus, jolloin kynttilä ilman puutteessa sammui, ja nyt tapaus, jossa palaminen tapahtuu epätäydellisesti ja joka on niin mieltäkiinnittävä, että toivon teidän oppivan ymmärtämään sen yhtä hyvin kuin kynttilän mahdollisimman hyvin palamisen. Teen nyt suuren liekin, koska tarvitsemme asian selvittämiseksi paljon kokeita. Tässä on suuri pumpulisydän, jossa on palavaa tärpättiöljyä. Kaikki tällaiset aineethan palavat kuin kynttilä. Kun otamme suuremman sydämen, täytyy meidän saada voimakkaampi ilmavirta, muuten palaminen tapahtuu epätäydellisesti.

Katsokaapa tuota mustaa ainetta, joka kohoaa ilmaan, sehän on kuin säännöllinen virta. Olen kuitenkin ryhtynyt toimiin, poistaakseni epätäydellisesti palaneet osat, etteivät ne teitä likaisi. Katsokaa nokea, joka lentää liekistä, katsokaa, kuinka epätäydellistä palaminen on, kun ei siihen tule kylliksi ilmaa. Mitä tässä siis tapahtuu? Muutamia palamiseen tarvittavia aineita puuttuu, ja sentähden on tuloskin huono. Ja kuitenkin voimme saada tämän liekin palamaan aivan samaten kuin kynttilän, kun se palaa puhtaassa, siis käyttökuntoisessa ilmassa. Kun näytin teille hiiltymistä liekin ympyrän vaikutuksesta paperin toisella puolella, olisin voinut kääntää paperin ja näyttää teille, että kynttilänkin palaessa syntyy samanlaista nokea — hiiltä.

Mutta meille on välttämätöntä, ennenkuin näytän tämän, oppia vielä muutamia muitakin asioita. Vaikka nimittäin kynttilässä palaminen aina tapahtuukin liekin muodossa, täytyy meidän kuitenkin tutkia, tapahtuuko palaminen aina sillä lailla, vai onko olemassa muunkinlaista palamista, ja silloin tulemme huomaamaan, että löytyy hyvin erilaisia palamisilmiöitä, ja se on meille hyvin tärkeitä. Luulen, että meille nuorisolle on ehkä paras selitystapa se, että meille näytetään saman ilmiön jyrkimmät vastakohtat. Tässä on ruutia. Tiedättehän, että ruudin palaessa näkyy liekki — voimme nimittää sitä liekiksi; ruuti sisältää hiiltä ja muita aineita, jotka vaikuttavat liekehtivän palamisen. Vielä on tässä jauhattua rautaa eli rautaviilajauhoja. Nyt poltan yhdessä nämä molemmat aineet. Tässä on pieni huhmar, jossa sekoitan ne. (Ennenkuin teen tämän kokeen, varoitan teitä koskaan leikillä siihen ryhtymästä, sillä siinä voitte hyvin helposti vahingoittaa itseänne. Sen voi nimittäin kyllä tehdä, jos on varovainen; mutta sillä voi muuten saada aikaan paljon pahaa). Tässä on hiukan ruutia, jonka sekoitan tässä puuastiassa viilajauhoon. Tarkoitukseni on sytyttää viilajauhot ruudin avulla ja polttaa

ne ilmassa, näyttääkseni eroituksen liekillä palavien ja ilman liekkiä palavien aineitten välillä. Nyt on sekoitus valmis, ja kun sen sytytän, täytyy teidän seurata, jotta näkisitte, että siinä tapahtuu kahdenlaista palamista. Te näette ruudin palavan liekillä ja samalla aikaa viilajauhokasankin palavan, vaikka ilman liekkiä. Kumpikin palaa erikseen. (Esitelmöitsijä sytyttää nyt seoksen). Ruuti paloi liekillä, viilajauhoista näkyi taas toinen palamisen laji. Tässä siis näitte nuo kaksi erilaista palamisilmiötä; niistä riippuu niiden liekkien käyttökelpoisuus ja kauneus, joita käytämme valaistukseen. Jos käytämme valaistuksessa öljyä, kaasua tahi kynttilöitä, niin riippuu niiden kelvollisuus näistä erilaisista palamistavoista.

Palaminen on niin merkillinen ilmiö, että tarvitaan hiukan älyä ja tutkimislahjoja eri palamismuotojen erikoisen luonteen selville saamiseksi. Tässä on esimerkiksi hyvin helposti palavaa jauhoa, joka on, kuten näette, yksityisistä jyväsistä kokoonpantu. Se on n. s. lykopodiumia (liekokasvien itiöitä, karpäsruutia eli liekojauhoa), ja jokaisesta tällaisesta jyväsestä voi kehittyä höyryä ja muodostua oma liekkinsä. Kun tätä jauhoa poltetaan, niin näyttää siltä, kuin muodostuisi vain yksi ainoa liekki. Sytytän nyt osan siitä niin, että voitte tarkastaa ilmiötä. Näemme tulipilven, näennäisesti ainoastaan yhden, mutta tuo rätisevä ääni, mikä palaessa kuuluu, todistaa, ettei palaminen ole yhtäjaksoista eikä säännöllistä. Teattereissa esitetään tämän jauhon avulla aika hyvin salamoita. (Koe tehdään kahdesti, jolloin esitelmöitsijä puhalttaa liekojauhoa lasiputkesta väkiviinaliekkiin). Tämä ei ole sellaista palamista kuin rautaviilajauhojen, josta olen puhunut ja johon meidän nyt täytyy palata.

Ajatelkaapa, että otan kynttilän liekin ja tutkin sitä osaa siitä, mikä näyttää kirkkaimmalta. Silloin saan noita mustia osasia, joita jo usein olette nähneet liekistä

lähtevän. Erotan ne nyt toisella tavalla. Otan tämän kynttilän ja poistan siitä syrjille vuotaneen kynttilä-aineen, mikä siihen on ilman liikehtimisen vaikutuksesta muodostunut. Jos nyt asetan lasiputken juuri tuohon loistavimpaan osaan, ainoastaan korkeammalle kuin ensimmäisessä kokeessamme, niin näette, mitä tapahtuu. Valkoisen höyryn sijasta saamme nyt mustaa. Se kohoaa ilmaan mustana kuin muste. Se onkin aivan eri ainetta, kuin valkoinen höyry, ja jos vien liekin siihen, ei se pala, vaan liekki sammuu. Tämä musta aine on juuri, kuten sanoin, kynttilän savua, ja tämä muistuttaa minulle, kuinka kirjailija Dean Swift suositteli palveluvallelle huvitteluksi liekillä huoneen kattoon kirjoittelusta. Mutta mitä on tämä musta aine? Se on samaa hiiltä, jota jo ennenkin saimme kynttilästä. Kuinka sitä voi kynttilästä muodostua? Sitä täytyy selvästi löytyä kynttilässä, muuten ei sitä voisi tässä olla. Seuratkaa nyt tarkkaan, kun selitän tämän. Teidän on ehkä vaikea uskoa, että kaikki ne aineet, jotka Lontoossa nokena ja mustina hiukkasina lentelevät, juuri antavat liekille sen kauneuden ja elämän, ja että ne palavat siinä aivan samoin kuin rautaviilajauhot tässä. Tässä on palanen rautalankaverkkoa, joka ei päästä liekkiä lävitseen. Jos pidän sitä tarpeeksi alhaalla niin, että se koskettaa sitä osaa liekkiä, joka muuten on kirkkain, niin näette, että se haittaa ja tukahduttaa liekkiä niin, että siitä alkaa nousta savua.

Pyydän teitä huomaamaan seuraavan seikan. Jos joku aine palaa, kuten rautajauhot ruutiliekissä, höyryn muotoon muuttumatta (yhden tekevää sulaako se sitten nesteeksi, vai pysykö kiinteänä), valaisee se hyvin voimakkaasti. Olen valinnut muutamia esimerkkejä, joilla ei ole mitään tekemistä kynttilän kanssa, valaistakseni tätä teille. Sillä tämä koskee kaikkia aineita, olkoot ne sitten palavia tai palamattomia, — että ne nimittäin valaisevat erinomaisesti, jos ne kuumuudessakin säi

lyttävät kiinteän olomuotonsa. Kynttiläkin saa kiittää valaisemisestaan liekissään löytyviä kiinteitä osasia.

Tässä on platinalankaa, jolla on se ominaisuus, ettei se muutu kuumuudessa. Jos kuumennan sitä tässä liekissä, niin näette, kuinka kirkkaasti se valaisee. Minä pienennän liekkiä, niin että se valaisee ainoastaan vähän, ja kuitenkin huomaatte, että kuumuus, jolla se lämmittää platinalankaa, vaikka se nyt on vähempikin, kuitenkin antaa platinalangalle hyvin suuren valovoiman. Tämä liekki sisältää hiiltä, mutta nyt otan liekin, jossa ei ole ollenkaan hiiltä. Tässä astiassa on ilmamaista ainetta — kaasua, kuten te sitä nimitätte —, sellaista polttoainetta, jossa ei ole yhtään kiinteitä osasia. Valitsen tämän aineen, koska se on esimerkki sellaisesta aineesta, joka palaa ilman että siitä poistuu kiinteitä osasia. Jos nyt pidän tätä kiinteätä kappaletta siinä, näette kuinka erittäin kuuma liekki on ja kuinka kirkkaan loistavaksi se tekee kiinteän kappaleen. Tätä erinomaista kaasua sanotaan *vedyksi*; siihen saatte ensi kerralla lähemmin tutustua. Tässä taas on ainetta nimeltä *happi*, jonka avulla vety voi palaa. Mutta vaikka niiden yhtymisestä saamme paljon suuremman kuumuuden kuin kynttilää polttamalla, valaisee liekki kuitenkin ainoastaan hiukan. Jos sen sijaan panen kiinteän kappaleen niiden liekkiin, saamme hyvin voimakkaan valon. Jos otan kappaleen kalkkia, ainetta, joka ei pala eikä haihdu kuumuudessa (siis pysyy kiinteänä), niin kohta näette, mitä tapahtuu, kun kalkki alkaa hehkua. Vedyn palaessa hapessa syntyy kova kuumuus, mutta hyvin vähän valoa, valon heikkous ei siis johdu kuumuuden puutteesta, vaan kiinteitten ja kiinteässä tilassa pysyvien ainehiukkasten puutteesta. Mutta jos pidän kalkkipalasta liekissä — katsokaa, kuinka se hehkuu. Tämä on kiitettyä kalkkivaloa, joka kilpailee sähkövalon kanssa ja on melkein yhtä kirkasta kuin auringonvalo. Tässä on puuhiilikappale, joka palaa ja

antaa meille juuri samanlaista valoa, kuin jos se palaisi kynttilän osana. Kynttilän liekin kuumuus hajoittaa vahahöyryn ja vapauttaa hiiliosaset; ne kohoavat kuumentuneina ja hehkuvina ylöspäin, kuten tämä tässä hehkuu, ja sekaantuvat ilmaan — tosin ei hiilen muodossa, vaan aivan näkymättömässä muodossa, josta tulemme myöhemmin puhumaan.

Eikö ole viehättävää oppia tuntemaan ilmiötä, joka voi muuttaa niinkin likaisen kappaleen kuin hiilen kirkkaasti loistavaksi. Huomaatte, että se johtuu siitä, että kaikki kirkkaat liekit sisältävät kiinteitä osia. Kaikki aineet, jotka palavat ja samassa kehittävät kiinteitä osia, joko sytytettäessä tahi välittömästi senjälkeen, kuten ruuti ja rautaviilajauhut, kaikki sellaiset aineet valaisevat kirkkaasti ja kauniisti.

Koetan selittää tätä teille parilla muulla kokeella. Tässä on kappale fosforia, joka palaa kirkkaalla liekillä. Siitä voimme päättää, että fosfori joko sytytettäessä tai myöhemmin muodostaa kiinteitä osasia. Minä sytytän fosforin, ja peitan sen lasikuvulla, kootakseni palamistulokset. Mitä merkitsee kaikki tuo savu? Sen muodostavat ne ainehiukkaset, jotka



Kuva 9.
Fosforin palaminen.

syntyvät fosforin palaessa. — Tässä meillä on kahta muuta ainetta. Tämä on *kaliiumklooraattia* ja tämä *antimonisulfidia*. Minä sekoitan ne, ja sitten voidaan ne eri tavoilla sytyttää. Ensiksi, näyttääkseni teille esimerkin kemiallisesta ilmiöstä, tipautan niihin hiukan rikkihappoa, ja ne palavat silmänräpäyksessä. (Esitelemöitsijä sytyttää seoksen rikkihapolla.) Nyt voitte itse näkemästäne päättää, muodostavatko nämä aineet kiinteitä tuloksia. Olenhan osoittanut teille, kuinka tällaisia johtopäätöksiä tehdään; sillä kuinka tämä liekki muuten olisi näin kirkas, ellei siinä olisi ylöskohoavia, hehkuvia, kiinteitä osasia?

Herra Anderson on uunissa kovasti kuumentanut valinkauhan, siihen heitän nyt sinkkiviilajauhoja, jotka palavat liekillä, kuten ruuti. Tämän kokeen teen siksi, että te voitte sen sitten kotona tehdä uudestaan. Nyt saatte nähdä, mikä on sinkin palamistulos. Tässä siis palaa sinkki. Se palaa merkittävästi samalla lailla kuin kynttilä. Mutta mitä merkitsee tuo savu? Mitä ovat nuo pienet hiutaleet, jotka lentelevät teidän luoksenne, kun te ette saa tulla niiden luo? Huomaamme, että kauhaankin on jäänyt tuota villamaista ainetta. Teen kuitenkin tämän kokeen vielä hiukan toisella tavalla, ja tulen kuitenkin samaan tulokseen. Tässä on kappale sinkkiä ja tässä on (vetypolttajaa osoittaen) liesi, jossa koetamme metallia polttaa. Katsokaa, kuinka se hehkuu; tässä se palaa ja tässä on valkoinen aine, joksi se palaa. Kun siis pidän tätä vety liekkiä kynttilänä ja teidän nähtenne poltan siinä sellaista ainetta kuin sinkkiä, niin huomaatte, että vain tämä aine hehkui palamisen aikana; ja jos asetan tämän valkean, palamisesta syntyneen aineen uudestaan vety liekkiin, niin näette, kuinka kauniisti se hehkuu, ja ainoastaan sentähden että se on kiinteää ainetta.

Otan nyt uudestaan liekin, jota jo ennen olen käyttänyt, ja vapautan siitä hiiliosaset. Otan hiukan bentsiiniä, joka savuaa kovasti palaessaan; mutta annan nokihiuukkasten kulkea tämän putken kautta vety liekkiin, jossa näette niiden palavan ja hehkuvan, kun kuumentan niitä toisen kerran. Katsokaa nyt! Siinä ovat hiilihiukkaset toiseen kertaan sytytettyinä. Näette nämä osaset paremmin, jos pidän paperipalasta niiden takana; niin kauan kun ne ovat liekissä, hehkuvat ne sen kuumuuden vaikutuksesta ja aikaansaavat tuon kirkkauden. Ellei tuollaisia osia liekkiin tule, ei sillä ole yhtään valaisuvoimaa. Valokaasuliekkikin saa kiittää kirkkaudestaan palaessa erkanevia hiilihiukkasia; sillä niitä löytyy valokaasussa, kuten kynttilässäkin. Voin

nopeasti muuttaa tämän asiain tilan. Tässä on esim. kaasuliekki. Jos johdan siihen niin paljon ilmaa, että kaikki on palanut, ennenkuin nuo hiukkaset ovat vapautuneet, en saa mitään loistoa. Tämän voin seuraavalla tavalla saada aikaan: Jos asetan tämän rautalankaverkkohunnun polttajan yli ja sytytän kaasun sen yläpuolella, palaa se valaisemattomalla liekillä, ja tämä riippuu siitä, että ilmaa sekoittuu kaasuun, ennenkuin se rupeaa palamaan. Ja kun nostan rautalankaverkkoa, niin näette, ettei kaasu pala sen alapuolella. Kaasussa on paljon hiiltä, mutta jos ilma pääsee ennen palamista sekoittumaan kaasuun, palaa se tuolla vaaleansinisellä liekillä, kuten näette. Ja jos puhallan loistavaan kaasuliekkiin, niin että kaikki hiili palaa, ennenkuin se alkaa hehkua, palaa se samoin sinisellä liekillä. (Esitelmöitsijä tekee tämän huomautuksen samalla kuin puhalttaa kaasuliekkiin.) Ainoa syy, miksi en saa tuota kirkasta liekkiä, kun näin siihen puhallan, on se, että hiili tulee yhteyteen ilman kanssa ja palaa, ennenkuin se on liekissä eronnut vapaaseen olomuotoon. Ainoastaan se on tässä eroituksena, ettei mitään kiinteitä osia erkane, ennenkuin kaasu on palanut.

Te näette, että kynttilän palaessa muodostuu määrättyä tuloksia, ja että osana niistä on hiili eli noki. Hiili antaa, jos se itsekin palaa, toisen palamistuloksen, ja meille on tärkeätä määrätä tämän jälkimäisen tuotteen luonne. Olemme nähneet, että palaessa jotakin häviää, ja minun täytyy teille vielä näyttää, kuinka paljon sitä tulee ilmaan. Tätä varten järjestämme palamisen hiukan suuremmassa mitassa. Tästä kynttilästä kohoaa kuumentunutta ilmaa, ja kahdesta tai kolmesta kokeesta voitte nähdä ylöskohoavan virran. Mutta että pääsisitte selville tällä tavoin ylöspäin kohoavan aineen määrästä, teen kokeen, jossa aijon koota jonkun verran tätä palamistulosta. Tätä varten on minulla »tuli-ilmapallo», kuten pojat sitä kutsuvat, jota samalla käytän



Kuva 10.
Ilmapallon täyttäminen liekistä muodostuvilla aineilla.

muodostuneitten palamistulosten mitaajana. Hankin itselleni helposti saatavan yksinkertaisen liekin, joka on käytännöllisin tähän tarkotukseen. Pitäkäämme tätä lautasta kynttilän maljana, tämä sprii on polttoaineena ja sen yli asetan nyt savutorven; minun on parempi tehdä näin, kuin käydä umpimähkään asiaan käsiksi. Herra Anderson sytyttää spriin ja tänne ylös saamme palamistulokset. Se mitä saamme tämän torven päähän, on, yleisesti sanoen, melkein samaa, kuin mitä kynttilän palaessa saadaan, tässä puuttuu vaan loistava liekki, koska käytämme hiiliköyhää polttoainetta. Nyt asetan ilmapallon savupiippumme päälle, en antaakseni sen nousta — sillä se ei ole tarkoitukseni — vaan näyttääkseni teille palamistuloksia, jotka kynttilästä kohoavat samalla tavalla kuin tässä savutorvesta. (Palloa pidetään savutorven yläpuolella ja se alkaa vähitellen täyttyä.) Te näette, kuinka mielellään se kohoaisi, mutta emme anna sen tehdä sitä, koska se muuten voisi tulla noiden ylhäällä olevien kaasuliekkien yhteyteen, joka olisi hyvin vastenmielistä. (Ylemmät kaasuliekit sammutetaan esitelmöitsijän pyynnöstä, ja nyt saa pallo nousta.) Eikö tämä näytä teille, kuinka paljon ainetta tässä muodostuu?

Tämän putken kautta — esitelmöitsijä pitää avaraa lasiputkea kynttilän yläpuolella — kulkevat kaikki kynttilän palamistulokset, ja saatte pian nähdä, että putki tulee läpinäkymättömäksi. Otan nyt toisen kynttilän, panen sen lasikuvun alle ja asetan sen taakse kynttilän, että selvästi voisitte havaita, mitä siellä tapahtuu. Te näette, että lasikuvun seinät himmenevät, ja kynttilä

alkaa palaa heikommin. Ne ovat palamistulokset, jotka näin himmentävät valon ja tekevät kuvun läpinäky-mättömäksi. Kun tulette kotiin ja otatte kylmässä pai-kassa olleen lusikan ja pidätte sitä kynttilän yläpuolella — mutta niin, ettei se nokeennu — niin huomaatte, että sekin himmenee, niinkuin tämä kupu. Jos voitte saada hopea-astian tai jotain sen tapaista, niin onnistuu ko-keenne vielä paremmin. Ja nyt, johtaakseni teidän ajatuksenne edeltäpäin tulevaan yhdessäoloomme, sa-non teille vielä, että se on vesi, joka vaikuttaa tämän himmentymisen, ja ensi kerralla näytän teille, kuinka voimme sen helposti muuttaa juoksevaan muotoon.

Kolmas luento.

Vesi kynttilän palamistuloksena. Veden ominaisuudet; sen olomuodot. Vety veden aineosana. Vedyn valmistaminen ja ominaisuudet. Vesi vedyn palamistuloksena. Voltan patsas.

Muistatte, että ennen eroamistamme käytiin sanaa »palamistulos» ja että me tarkoituksenmukaisilla laitteilla voimme palavasta kynttilästä koota useita tällaisia tuotteita. Yhtä niistä, nimittäin hiiltä eli savua emme voineet saada, jos kynttilä paloi kunnollisesti. Edelleen opimme tuntemaan aineen, joka kohosi liekistä, eikä ollut savua vaan aivan toisen laatuista, ja joka oli osana siitä näkymättömästä virrasta, mikä kohosi kynttilästä ja hävisi. Mutta olisi mainittava vielä muitakin aineita. Muistatte, että kynttilän liekistä kohoavasta virrasta tapasimme ainetta, joka tiivistyi kylmän lusikan, puhtaan lautasen tai muun kylmän esineen pinnalle, ja että toista osaa sitä vastoin emme voineet tiivistää.

Tarkastakaamme ensin lähemmin tiivistyvää osaa; ihmeellistä kyllä huomaamme, ettei se ole muuta kuin vettä. Jo edellisellä kerralla puhuin sivumennen tästä, kun sanoin, että vesi on kynttilän tiivistyviä tuloksia. Mutta tänään aijon perinpohjin kiinnittää huomionne veteen; etenkin veteen palamistuloksena, ja myös sen esiintymiseen maan pinnalla.

Nyt näytän teille ensiksi kynttilän palamisesta syntynyttä vettä erään kokeen avulla, jonka huolellisesti olen valmistanut. Paras keino osoittaa veden olemassaolo niin monelle yhtäaikaan, on ehkä näyttää erästä hy-

vin helposti näkyvää veden vaikutusta, ja koettaa sitä sitten pisaroihin, jotka ovat kerääntyneet astian pohjaan. Tässä on omituista ainetta, *Hymphry Davy'n* keksimää *kaliumia*, joka vaikuttaa voimakkaasti veteen, ja sitä käytän osoittaakseni veden olemassaolon. Otan palan kaliumia ja heitän sen vatiin; te näette, kuinka se heti ilmaisee veden syttymällä ja kuinka se veden pinnalla pyörien vilkkaasti palaa sinisellä liekillä. Nyt otan pois kynttilän, joka on palanut tämän jäätä ja suolaa sisältävän astian alla. Te näette vesipisaran, kynttilän tiivistymistuloksen, riippuvan astian alimmasta kohdasta. Näytän teille, että kaliumilla on sama vaikutus siihen kuin astiassa olevaan veteen, johon sitä koetimme. Katsokaa, se syttyy ja palaa samalla tavalla. Tiivistän samalla lailla muutamia pisaroita tälle lasilevyille ja kun panen siihen kaliumia, niin voitte sen syttymisestä samalla lailla päätätä, että siinä on vettä. Tämä vesi on siis kehittynyt kynttilästä. Samalla tavoin näette, että astia, jonka alle panen väkiviinaliekin, tulee kosteaksi sille laskeutuvista pisaroista — pisarat ovat taas samaa palamistulosta — ja pisaroista, jotka putoavat alla olevalle paperille, voitte nähdä, että palaessa muodostui aika paljon vettä. Asetan tämän nyt sivulle, niin voitte sitten jälestäpäin nähdä, miten paljon vettä on kokoontunut. Jos asetan jäädyttävän laitteen kaasuliekin yläpuolelle, saan samoin vettä, joka on muodostunut kaasun palaessa. Tässä pullossa on tislattua vettä *), joka on saatu kaasuliekistä; se ei millään tavoin



Kuva 11.
Kynttilä ja sen
yläpuolella
jäätä ja suolaa
sisältävä astia.

*) Kaivo-, joki- ja merivesi sisältävät aina enemmän tai vähemmän kiinteitä aineita liuenneina, niin sanottu kova vesi kalkkia. Jotta vesi saataisiin niistä vapaaksi ja kemiallisessa mielessä puhtaaksi, tislataan se, s. o. se muutetaan höyryksi ja tiivistetään uudelleen nesteeksi (katso edemmä).

eroa muusta tislatus vedestä, tislattakoonpa tämä lähde, joki- tai merivedestä. Tislattu vesi on aina samanlaista, sillä on aina samat ominaisuudet. Voimme siihen sekoittaa muita aineita tai voimme sen hajoittaa ja valmistaa siitä muita aineita; mutta vesi vetenä on aina samaa, olipa se kiinteässä, nestemäisessä tai ilma- maisessa muodossa. Tässä taas on vettä (toista pulloa näyttäen), jonka olen saanut öljylikistä. Litra öljyä antaa palaessaan yli litran vettä. Tässä on vettä, mikä on pitemmän kokeen aikana saatu yhdestä vahakynttilästä. Samaten voimme tehdä kaikille aineille, jotka palavat samanlaisella liekillä kuin kynttilä, ja näemme silloin, että ne synnyttävät vettä. Nämä kokeet te itsekin voitte tehdä; hiilihangon pää esimerkiksi sopii hyvin tällaisiin kokeisiin; se pysyy kyllin kauan kylmänä liekin päällä, niin että sillä voi saada veden tiivistymään pisaroiksi. Myöskin lusikkaa tai muuta sellaista kalua voitte siihen käyttää, edellyttäen, että se on puhdas ja johtaa hyvin lämpöä, niin että se tiivistää veden.

Päästäksemme lähemmä tätä veden ihmeellistä muodostumista polttoaineista ja palamisen kautta, täytyy minun ensiksi puhua niistä eri muodoista, joissa vesi esiintyy. Ja vaikka tämä lieneekin teille kaikille tuttua, on meidän nykyiselle asiallemme tärkeätä tarkastaa sitä hieman lähemmin, että huomaisitte, kuinka vesi kierto- kulkunsa aikana on aina aivan samaa ainetta, saata- koonpa sitä kynttilää polttamalla tai joki- tai merive- destä tislaamalla.

Ensiksi: jos vettä kovasti jäädytetään, muodostuu jäätä. Luonnontutkijoina me — niin voinen teitä ja itseäni nimittää — puhumme vedestä vetenä, olkoon se kiinteässä, nestemäisessä tai kaasumaisessa tilassa; tässähän puhumme nyt vedestä ainoastaan kemiallisena aineena. Vesi on kokoonpantu kahdesta aineesta, joista toisen olemme saaneet kynttilästä, toisen taas löydämme jostain muualta. Vesi voi esiintyä jäänä, jota talvella

aina saatte nähdä. Jää muuttuu vedeksi, jos lämpö kohoaa, ja vesi muuttuu höyryksi, jos sitä edelleen kuumennetaan. Nestemäisenä, jollaista vettä meillä tässä on edessämme, on vesi kaikkein tiheintä. Sillä jos jäähdytämme sen jääksi tai kuumennamme sen höyryksi, kasvaa sen tilavuus — edellisessä tapauksessa merkittävä tavalla ja suurella voimalla, jälkimäisessä hyvin suurella määrässä. Otan nyt esim. tämän läkkilieriön ja kaadan siihen vettä. Te näette, kuinka paljon vettä sinne kaadoin, ja siitä voitte päättää, että sitä on lieriössä noin kahden tuuman paksulta. Nyt muutan veden höyryksi näyttääkseni teille, kuinka eri suuret tilat vesi täyttää sen mukaan, onko se nestemäisessä vai höyrymäisessä tilassa.

Tutkikaamme sillä välin veden jäätymistä, jonka voimme saada aikaan jäähdyttämällä sitä suolan ja survotun jään seoksella. Teen sen näyttääkseni, kuinka vesi tämän muutoksen tapahtuessa laajenee. Nämä pullot (hän näyttää sellaista) ovat valurautaisia, hyvin vahvoja ja paksuja, luulen että ne ovat $\frac{1}{3}$ tuumaa paksuja. Ne on huolellisesti täytetty vedellä niin, ettei yhtään ilmaa ole jäänyt sinne, ja sitten ruuvattu lujasti kiinni. Saamme nähdä, etteivät ne, jos annamme veden jäätyä näissä rautaisissa astioissa, voi sulkea jäätä sisäänsä. Laajentuminen särkee ne palasiksi, kuten nämäkin (samalla näyttää hän murtuneita kappaleita), jotka ovat aivan samanlaisista pulloista. Asetan nämä pullot suola- ja jääseokseen näyttääkseni teille, kuinka veden tilavuus silminnähävästi laajenee sen muuttuessa jääksi.

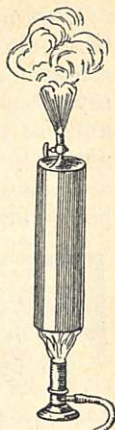
Tarkastakaamme sillä välin muutoksia, jotka ovat tapahtuneet kuumentamallemme vedelle; se on kadottanut nestemäisen olomuotonsa. Tämä tuo mukanaan useita muitakin muutoksia. Olen peittänyt tämän lasipullon kaulan, jossa vesi kiehuu, kellolasilla. Näettekö mitä tapahtuu? Se pärisee kuin rämisevä läppä, kun kiehovasta vedestä nouseva höyry kohottelee lasia ulos

pyrkiessään. Voitte helposti käsittää, että pullo on täynnä höyryä, eihän sen muuten tarvitsisi pyrkiä sieltä pois. Näette myös, että pullossa on ainetta, joka täyttää paljon suuremman alan kuin vesi ennen. Sillä se täyttää koko pullon uudelleen ja uudelleen, kohottaa kantta ja haihtuu ilmaan. Kuitenkaan ei vesijoukossa huomata suurtakaan vähennystä, josta näette, että tilavuuden laajentuminen veden höyryksi muuttuessa on hyvin suuri.

Tarkastakaamme nyt taas, mitä jäähdytysseoksessa olevissa rautapulloissa tapahtuu. Te huomaatte, että pulloissa olevan veden ja ulommassa astiassa olevan jään välillä ei ole mitään yhteyttä. Mutta kuitenkin johtuu lämpöä toisesta toiseen, ja jos meillä on menestystä — teemme kokeemme luultavasti liian kiireesti — niin odotan, että aikanaan, niin pian kuin pullot ja niiden sisällys ovat tulleet kylmiksi, saamme kuulla paukautuksen, joka johtuu toisen tai toisen pullon särkymisestä. Jos silloin tarkastamme pulloja, huomaamme niiden sisältävän jääjoukkion, jota osaksi peittää rautaympäryys, mikä oli tullut sille liian ahtaaksi, koska jääjoukko on laajempi, kuin sen sijalla ennen ollut vesijoukko. Te tiedätte, että jääpalanen ui veden pinnalla. Jos joku putoaa avantoon, koettaa hän päästä jään päälle, joka kannattaa häntä. Miksi pysyy jää veden pinnalla? — Ajatelkaapa sitä ja selittäkää se minulle! Koska jääpalanen on suurempi kuin vesimäärä, josta se on muodostunut; ja siksi painaa jää vähemmän kuin saman kokoinen vesimäärä.

Palatkaamme uudelleen siihen vaikutukseen, mikä lämmöllä on veteen. Katsokaa, kuinka höyry virtaa lakkiastiasta. Te huomaatte, että se on täpötäynnä höyryä, eihän höyry muuten virtaisi ulos noin suurissa määrin. Ja samoin kuin voimme lämmön avulla muuttaa veden höyryksi, samoin muutamme sen nyt kylmän avulla jälleen nesteeksi. Kun pidämme lasia tai jotain

muuta kylmää esinettä höyryssä — katsokaapa, kuinka pian vesihöyry tekee sen näkymättömäksi. Vesi tiivistyy ja juoksee lasin pintaa pitkin, ja tätä tiivistymistä kestää, kunnes lasi lämpiiä, juuri samoin kuin höyry, jota saimme kynttilän palamistuloksena, tiivistyi maljan pohjalle nestemäiseksi vedeksi. —



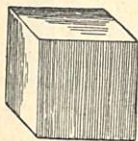
Kuva 12.
Höyryä täynnä oleva astia ja sen puristuminen kokoon höyryn tiivistyessä.

Esitän nyt toisen kokeen veden muuttamisesta höyrymäisestä muodosta nestemäiseen ja samalla näytän, kuinka suuri tilavuuden muutos siihen liittyy. Läckilieriössä, jossa keitimme vettä ja joka nyt on täynnä höyryä, on hana. Minä suljen sen, niin saatte nähdä, mitä tapahtuu, kun pakoitamme vesihöyryn palaamaan nestemäiseen muotoon valamalla lieriötä päältäpäin kylmällä vedellä. (Esi-telmöitsijä kaataa kylmää vettä lieriön päälle, joka silmänräpäyksessä painuu kokoon). Näette, mitä tapahtui. Jos olisin sulkenut hanan ja kuumentanut astiaa, olisi se särkynyt. Mutta kun höyry uudelleen tuli vedeksi, painui astia kokoon, koska höyryn tiivistyessä astian sisälle muodostuu tyhjä tila *)

*) Tämän vaikuttaa ilman paine, joka ulkoapäin painaa astiaa. Niin kauan, kuin se oli täynnä vesihöyryä, painoi tämä sisältäpäin vastaan ja hävitti ulkoilman paineen vaikutuksen. Mutta höyryn tiivistyttyä vedeksi katoaa tuo sisäinen paine, ja seurauksena siitä on astian särkyminen,

Minä näytän teille nämä kokeet, todistaakseni, ettei tässä ole tapahtunut mitään, minkä kautta vesi olisi muuttunut muuksi, se on ja pysyy vetenä. Ja sen tähden täytyy astian antaa perään ja kutistua kokoon, samoin kuin se päivävastaisessa tapauksessa edelleen kuumentettaessa räjähtäisi.

Kuinkahan suureksi luulette sitä tilaa, jonka vesi höyrynmuotoisena täyttää?



Kuva 13.
Tilavuudet, jotka sama vesimäärä täyttää höyrynmuodossa ja nesteen muodossa.

Näette tämän kuution (samalla osoittaa hän kuutiojalkaa), sen vieressä on kuutiotuuma. Tämä vesimäärä (kuutiotuuma) voi laajeta täksi höyrymääräksi (kuutiojalka) eli päivävastoin, tämä suuri määrä höyryä kutistuu jäähtyessään tähän pieneen määrään vettä. (Tällä hetkellä räjähtää toinen rautapulloista.) Kas! Toinen pulloistamme on haljennut ja tässä näette itse $\frac{1}{3}$ tuumaa leveän halkeaman toisella sivulla. (Nyt räjähtää toinenkin pullo ja räiskyttää jäähdytysnestettä joka puolelle ympärilleen). Toinenkin pullo särkyi, vaikka se oli melkein $\frac{1}{2}$ tuumaa paksu. Tällaisia muutoksia tapahtuu yhtä mittaa vedessä, eikä niitä tarvitse keinoitekoisesti valmistaa—, kuten nyt tässä olemme asettaneet nämä pullot vähäiseen kylmyyteen pitkällisen ja ankaran asemasta. Joka talvi saadaan pohjoismaissa huomata, että ilman lämpö vaikuttaa aivan ovien edessä samaa, kuin jäähdytysseos tässä.

Mutta palatkaamme takaisin asiaan! Emme siis tästä lähin anna minkään veden muutosten pettää itseämme. Sanon vielä kerran: vesi on kaikkialla samaa, tulkoon se kynttilästä tai valtamerestä. Missä on siis se vesi, jonka saimme kynttilästä? Minun täytyy tässä hiukan auttaa teitä. On silmännähtävää, että vettä tulee kynttilästä. Mutta onko sitä jo valmiina kynttilässä? Ei. Sitä ei ole kynttilässä eikä ympäröivässä ilmassa, jota

kynttilä tarvitsee palaakseen; sitä ei ole niissä kummassakaan, vaan se syntyy niiden vaikuttaessa toisiinsa; veden toinen osa tulee kynttilästä, toinen osa ilmasta. Tässä on nyt se jälki, jota meidän on tarkoin seurattava, päästöksemme täysin selville siitä kemiallisesta ilmiöstä, joka tapahtuu, kun kynttilä palaa edessämme pöydällä. Kuinka sen ottaisimme selville? Tiedän kyllä teitä, mutta tahtoisin, että pääsisitte siihen miettimällä, ajattelemaalla sitä, mitä olen sanonut. Luulisin, että teillä jo on jotakuinkin selvä käsitys siitä.

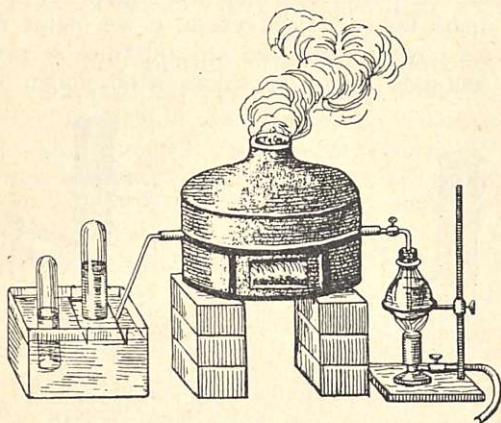
Eräässä aikaisemmassa kokeessa, jonka *Humphry Davy* on meille opettanut, näimme, kuinka eräs aine, nimittäin kalium, vaikutti veteen. Palauttaakseni sen teidän mieliinne teen kokeen uudestaan tällä lautasella. Tässä olemme tekemisessä aineen kanssa, jota pitää hyvin varovasti käsitellä, sillä jos räiskyttäen pienenkään pisaran vettä siihen, niin syttyy osa siitä tuleen heti, ja jos ilma voisi vapaasti päästä siihen, olisi kohta kaikki tulella. Kalium on kaunista ja loistavaa metallia, joka ilmassa ja, kuten tiedätte, vedessä muuttuu erittäin nopeasti. Panen nyt kappaleen sitä veteen, ja te näette sen erittäin kauniisti palavan muodostaen oivan lampun, jolloin se käyttää vettä ilman asemasta. Otta-kaamme edelleen hiukan rautaviilan- tahi sorvilastuja, ja pankaamme ne veteen, niin huomaamme, että nekin muuttuvat. Ne eivät kylläkään muutu niin nopeasti kuin kalium, mutta aivan samalla tavalla. Ne ruostuvat ja vaikuttavat veteen, ja vaikka niiden vaikutus onkin pienempi kuin kaliumin, niin ovat niiden vaikutukset veteen alusta loppuun samanlaisia. Minun täytyy pyytää teitä erikoisesti huomaamaan nämä asiat. Tässä on toista metallia, sinkkiä, ja kun tarkastimme sitä kiinteätä jäännöstä, joka jäi jällelle sen palaessa, oli meillä tilaisuus nähdä, että se palaa. Luulen, että jos otan hienon liuskan tätä sinkkiä ja pidän sitä kynttilän liekin yläpuolella, niin näette väliasteen kaliumin

palamisen ja raudan veteen vaikuttamisen välillä — katsokaa, tämäkin on jonkinlaista palamista. Se on palanut, ja tuloksena on valkeaa tuhkaa. Tämäkin metalli vaikuttaa määrätyllä tavalla veteen.

Vähitellen olemme oppineet hallitsemaan näiden erilaisten aineitten vaikutuksia ja pakoittamaan ne ilmaisemaan meille, mitä tahdomme tietää. Ensimmäinen vielä vähän raudasta. Tavallinen kokemus kaikista kemiallisista ilmiöistä on se, että lämpö edistää niiden tapahtumista, ja jos tarkoin ja huolellisesti tahdomme tutkia aineitten vaikutusta toisiinsa, täytyy meidän aina ottaa huomioon lämmön vaikutus. Tehän muistatte vielä hyvin, että rautaviilajauhut palavat kauniisti ilmassa; mutta minä näytän teille toisen kokeen, joka valaisee teille sitä, mitä aijon sanoa teille raudan vaikutuksesta veteen. Jos otan liekin ja teen sen ontoksi — te tiedätte minkätähden: johtaakseni siihen ilmaa sekä sisä- että ulkopuolelta — ja siroitan rautaviilajauhoja liekkiin, niin näette niiden somasti palavan. Tämän palamisen vaikuttaa kemiallinen ilmiö, joka tapahtuu hiukkasten syttyessä. Ja niin menemme eteenpäin ja tutkimme, mitä rauta vaikuttaa jouduttuaan veden yhteyteen. Se sanoo meille sanottavansa niin kauniisti, asteettain ja säännöllisesti, että luulen sen teitä miellyttävän.

Tässä on sulatusuuni, jonka läpi kulkee rautaputki, pyssynpiippu; sen olen täyttänyt kiiltävillä rautalankapalasilalla ja asettanut tuleen saadakseni sen hehkuvan kuumaksi. Voimme johtaa putken läpi joko ilmaa, saattaaksemme sen rautapalasten yhteyteen, tahi voimme tästä pienestä keittopullostasta putken päässä johtaa siihen vesihöyryä. Tässä on hana, joka sulkee höyryn putkesta siksi, kunnes annamme sen kulkea siitä lävitse. Lasiastiassa tuossa vasemmalla on vettä, jonka olen värjännyt siniseksi, että paremmin näkisitte, mitä siinä tapahtuu. Nyt tiedätte hyvin hyvästi, että höyryn pitäisi, jos johdan sitä tämän putken ja sitten kylmän

veden läpi, tiivistyä jälleen; sillä te olette nähneet, ettei vesihöyry voi säilyttää kaasumaista muotoaan, jos se jäähdytetään. Te näitte, kuinka se tässä (näyttäen kokoonpainunutta läkkilieriötä *) kutistui niin pieneen tilaan, että ulkoilma painoi astian kokoon. Siis — jos lasken höyryä putken kautta, tiivistyy se — edellyttäen, että putki pysyy kylmänä. Mutta voidakseni tehdä kokeen, jonka nyt näytän teille, olen kuumentanut putken. Nyt lasken höyryä vähissä erin putken läpi

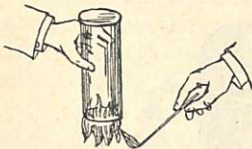


Kuva 14.
Veden hajoittaminen raudan avulla.

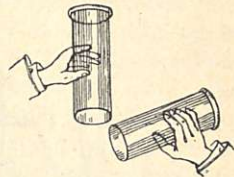
ja te saatte sanoa, onko se vielä höyryä. Höyryn voi tiivistää vedeksi; jos sen lämpöä alennetaan, muuttuu se jälleen vedeksi. Nyt olen kuitenkin vähentänyt sen kaasun lämpö määrää, joka kokoontuu tähän astiaan, siten, että olen antanut sen putkesta päästyään kulkea kylmän veden läpi, eikä se kuitenkaan tahdo muuttua vedeksi. Teen sillä toisenkin kokeen. (Pidän astiaa ylösalaisin, ettei kaasu pääse karkuun). Jos vien kynt-

*) Katso kuvaa 12.

tilän astian suulle, syttyy sen sisältö heikosti suhah-
taen. Tämä ilmoittaa teille, ettei se ole vesihöyryä.
Höyry sammuttaa kynttilän, mutta ei itse pala; sen
aineen, jota meillä on astiassa, näette kuitenkin palavan.
Tätä kaasua voimme samoin saada vedestä, joka on
saatu kynttilästä tai muulla tavoin. Kun sitä syntyy
rautajauhon vaikuttaessa vesihöyryyn, jää rauta sa-
manlaisessa tilassa jäljelle, kuin viilajauhot poltettuina.
Raudan paino on lisääntynyt. Niin kauan kuin rauta
saa yksikseen putkessa kuumentua tai jäähtyä, joutu-
matta ilman tai veden yhteyteen, ei sen paino muutu;
mutta jos höyryä johdetaan sen yli, tulee se raskaam-
maksi sentähden, että se silloin sitoo yhden höyryn



Kuva 15.
Vedestä muodostuneen kaasun
(vedyn) sytyttäminen.

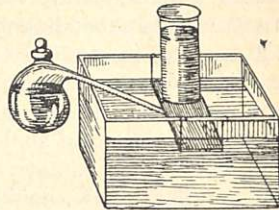


Kuva 16.
Kevyen kaasun kaataminen as-
tiasta toiseen.

aineosista itseensä, samalla kuin toinen aineosa kulkee
edelleen, se, minkä me kokosimme näihin astioihin.
Koska nyt toinenkin astia on täyttynyt tällä kaasulla,
näytän sillä erään mieltäkiinnittävän ilmiön. Se on
palavaa kaasua, ja minä voisin yhtäkkiä sytyttää as-
tian sisällyksen, todistaakseni sen teille; mutta haluai-
sin näyttää teille enemmänkin, jos se vaan onnistuu.
Tämä on hyvin keveätä ainetta. Se kohoaa ilmaan,
mutta sitä ei voi tiivistää kuten vesihöyryä. Otan nyt
toisen lasiastian, jossa ei ole muuta kuin ilmaa; kun
tutkin sitä kynttilällä, huomaan, että siinä on ainoas-
taan ilmaa. Nyt otan tämän uudella aineellamme täy-
tetyt astian ja menettelen, kuin sisältäisi se ainoastaan

kevyttä ainetta. Ensiksi pidän molempia astioita vie-rekkäin suu alaspäin. Nyt käännän uudella kaasulla täytetyn astian niin, että sen suu kääntyy ylöspäin toisen astian suun alle. Mitä sisältää nyt se astia, jossa ennen oli kaasua? Huomaatte, että se sisältää ainoastaan ilmaa. Mutta katsokaa! Täällä toisessa astiassa on palava kaasua, jonka siis olen ylöspäin kaatanut astiasta toiseen. Sillä on kaikki entiset ominaisuutensa ja se on yhtä itsenäistä kuin ennenkin; tämä on meille tärkeää tutkiessamme edelleen kynttilän palamistuloksia.

Mutta samaa ainetta, jota valmistimme antamalla raudan vaikuttaa höyryyn tai veteen, voimme valmistaa niiden muidenkin aineiden avulla, joiden jo olette nähneet niin kauniisti vaikuttavan veteen. Jos otan kappaleen kaliumia ja ryhdyn tarpeellisiin varokeinoin, saan kaasua; ja jos käytän siihen sinkkikappaletta, niin huomaan tarkalla tutkimuksella, että se vaikuttaa samalla tavalla. Mutta tämän vaikutuksen tuote peittää kohta sinkin vaippaansa niin, ettei puhdas metalli enää ole suoranaudessa kosketuksessa veden kanssa. Sen tähden emme voikaan saada suuria tuloksia, jos panemme astiaan ainoastaan sinkkiä ja vettä; ja itse asiassa vaikuttavat nämä molemmat aineet yksikseen ainoastaan vähän toisiinsa. Mutta jos poistan tuon peitteen, jos irroitin sinkkiä ympäröivän aineen, minkä voin helposti tehdä jollakin hapolla, huomaan heti, että sinkki vaikuttaa veteen aivan samoin kuin rauta, mutta tavallisessa lämmössä. Tämän vaikuttaa happo siten, että se yhtyy sinkkioksiidiin, jota vedestä ja sinkistä muodostuu. Nyt olen kaatanut hap-



Kuva 17.
Vedyn kehittäminen sinkistä, rikkihaposta ja vedestä, sekä sen kokoaminen toiseen astiaan.

poa lasiin, ja näyttää ihan siltä kuin olisin kuumentanut sen sisällystä, sillä astiassa alkaa aivan kuin kiehua. Sinkistä nousee nyt jotakin veden pintaan, vieläpä hyvin runsaasti; mutta se ei ole höyryä. Tässä on astia sitä täynnä, ja te saatte nähdä, että se on juuri samaa palavaa ainetta, joka jää astiaan, jos käännän sen ylösalaisin, ja jota sain tehdessäni kokeen pysynpiipulla. Tämä vedestä valmistettu kaasu on siis taaskin samaa ainetta, mitä kynttilässä löytyy.

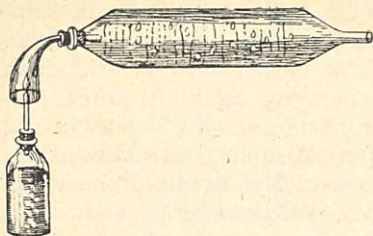
Koettakaamme nyt tarkoin määrätä näiden kahden ilmiön yhteys. Saamamme aine on vetyä, jota kemiassa pidetään alkuaineena, koska se on sellaista ainetta, jota ei enää voida jakaa erilaisiin aineisiin. Kynttilä ei ole alkuaine, sillä me voimme valmistaa siitä hiiltä; edelleen voimme siitä, eli vedestä, jota se synnyttää, valmistaa vetyä. Vetyä kutsutaan kreikkalaisella nimellä myös *hydrogeeniksi*, koska se on alkuaine, joka yhdistyessään erään toisen kanssa synnyttää vettä (*ὕδωρ*, vesi — *γεννάω*, synnyttän). Kun nyt herra Anderson on täyttänyt kaksi tai kolme astiaa kaasulla, näytän teille pari koetta sillä. En ollenkaan epäile näyttää niitä teille; sillä toivon, että itseksennekin teette ne, kun vaan teette ne varovasti, huolellisesti ja vanhempienne suostumuksella. Kuta pitemmälle pääsemme kemiassa, sitä useammin olemme pakoitetut käsittelemään aineita, jotka väärässä paikassa voivat helposti tuottaa vahinkoa; hapot, helposti syttyvät aineet, joita käytämme, ja samoin tulikin, voivat vahingoittaa, jos niitä huolettomasti käsitellään. Kun tahdotte valmistaa vetyä, voitte sen helposti tehdä käyttämällä sinkkipalasia, rikki- tai suolahappoa ja vettä. Tässä on laitos, jota ennen aikaan sanottiin »filosoofin lampuksi». Se on pieni pullo, jonka korkin läpi kulkee lasiputki. Nyt panen pari pientä sinkkipalaa sinne. Tämä pieni laitos on hyvin hyödyllinen kokeissamme; näytän teille, kuinka sillä voitte valmistaa vetyä ja tehdä muutamia

kokeita kotonanne. Sanon teille, miksi niin huolellisesti kaadan pullon melkein, vaan en aivan täyteen. Teen sen siitä syystä, että ulosvirtaava kaasu, jonka tiedätte olevan helposti palavaa, räjähtäisi ja tekisi siten vahinkoa, jos se sytytettäessä olisi ilmansekaista, s. o. jos sytyttäisin sen putken suulla, ennenkuin kaikki ilma on poistunut pullosta. Nyt kaadan rikkihappoa pulloon. Valitsen sinkki-, rikkihappo- ja vesimäärät siten, että saan säännöllisen virran — ei liian nopeata eikä liian hidasta. Jos nyt pidän lasia ylösalaisin putken suulla, täyttyy se vetykaasulla, ja arvelen, että tämän ollen ilmaa keveämpää, pysyy siinä jonkun aikaa. Nyt tutkimme lasin sisältöä nähdäksemme, onko siinä vetyä — luulisinpa, että sitä tässä jo onkin (samalla sytyttää hän sen) — onhan sitä, katsokaa! *) Nyt sytytän sen putken yläpäässä. Katsokaa, vety palaa. Siinä nyt on filosoofin kynttilä. Sehän on vain vaivainen heikko liekki, sanotte te; mutta se on niin kuuma, että tuskin mikään tavallinen liekki synnyttää niin paljon lämpöä. Se palaa säännöllisesti edelleen, ja minä annan sen palaa erikoisen laitteen alla, että voitte tutkia sen palamistulosta ja siten saada mahdollisimman suurta hyötyä kokeesta. Kun kynttilä kehittää vettä, ja tämä kaasu taas muodostuu vedestä, katsomme nyt, mitä siitä syntyy samanlaisen palamisen kautta, kuin kynttilän palaminen ilmassa. Sentähden asetan lampun tämän laitteen alle, tiivistääkseni sen aineen, mitä vetyliekistä siihen kohoaa.



Kuva 18.
Filosoofin
kynttilä.

*) Tätä koetta varten valitaan pieni, ei liian laaja juomalasi. Jos siinä on puhdasta vetykaasua, syttyy se heikolla paukauksella, kun palava esine viedään sen lähelle. Jos sen sijasta kuuluu viuhuva ääni tai kovempi pamahdus, on tämä merkinä siitä, että kaasun seassa on vielä ilmaa. Siinä tapauksessa ei vielä pidä sytyttää putkesta nousevaa kaasua, koska silloin voi helposti syntyä räjähdys ja pullo särkyä.



Kuva 19.
Vetyliekin palamistuloksen tutkiminen.

Hetken kuluttua eroitatte lieriössä kosteutta ja näette vettä tippuvan sen seiniä alas ja tällä vetyliekkivedellä on aivan samanlainen vaikutus koeaineisiimme, kuin ennen vettä tutkiessamme olemme sillä huomanneet olevan.

Vety on niin kevyttä, että se kohottaa ilmaan muita kappaleita; se on huomattavasti keveämpää kuin ilma, ja minä näytän sen teille kokeella, jonka luullakseni useat teistä, jos ovat kyllin huolellisia, hyvin voivat itsekin tehdä. Tässä on vedyn kehittäjä, ja tässä on saippuavettä. Olen kiinnittänyt kumiletkun vetykoneeseen ja sen päähän savipiipun. Piipun voin kastaa veteen ja puhaltaa vedyn avulla saippuakuplia. Te näette, että kuplat putoavat maahan, kun puhallan näihin ilmaa; heti huomaatte, miten suuri ero on sillä, kun puhallan ne vedyllä! (Esitelmäsiijä valmistaa muutamia vetykuplia, jotka kohoavat kattoon.) Tästä voitte nähdä, kuinka kevyttä kaasun täytyy olla, kun se ei kohota vain kuplia ilmaan, vaan myös suuria vesipisaroita, jotka niissä riippuvat. Sen keveyden voin toisella tavalla vielä paremmin näyttää; suurempiakin palloja kuin nämä voidaan näin saada kohoamaan, ja ennen käytettiin vetyä ilmapallon täyttämiseen *). Herra Anderson kiinnittää tämän putken koneeseemme, ja sen kautta saamme vetyvirran, jolla täytämme tämän kollodiumipallon. Minun ei tarvitsekaan turhan päiten poistaa kaikkea ilmaa pallostä, sillä kaasun nostovoima on aika suuri. (Kaksi kollodiumipalloa täyte-

*) Nykyään myös ohjattavissa ilmalaivoissa.

tään ja lasketaan irti, toista niistä pidetään rihmasta.) Tässä on toinen hyvin ohuesta kalvosta tehty suurempi pallo, jonka täytämme ja laskemme kohoamaan. Te näette, että se pysyy ilmassa, kunnes kaikki kaasu on hävinnyt siitä.

Vedyn erinomainen keveys selviää teille vielä paremmin, jos vertaamme sen painoa jonkun tunnetun aineen esim. veden painoon. 1 litra vettä painaa, kuten tiedätte, 1 kg eli 1,000 gr; 1 litra vetyä painaa tavallisissa oloissa — hiukan vaille $\frac{1}{10}$ gr! Ja kun 1 kg vettä täyttää 1 litran, täyttäisi 1 kg vetyä, sellaisena kuin olemme sitä täällä koonneet, enemmän kuin 10,000 litraa.

Vety ei muodosta mitään yhdistystä, joka palaessaan tai myöhemmin palamistuloksena olisi kiinteä; kun se palaa, synnyttää se ainoastaan vettä. Jos otamme kylmän lasin ja pidämme sitä liekin päällä, tulee se himmeäksi ja saamme heti runsaan määrän vettä; ja mitään muuta ei sen palaessa muodostu, kuin juuri samaa vettä, jota näitte syntyvän kynttilän palaessa. On tärkeätä muistaa, että vety on ainoa aine luonnossa, joka palaessaan synnyttää ainoastaan vettä.

Meidän täytyy nyt vielä tehdä muutamia jälkikokeita veden yleisistä ominaisuuksista ja kokoonpanosta, minkä vuoksi minun täytyy teitä vielä hiukan viivyttää. Olemme sitten paremmin valmistuneet tulevaa esitelmää varten. Me voimme asettaa sinkin, jonka näitte hapon avulla vaikuttavan veteen, toimimaan niin, että koko sen vaikutus kohdistuu siihen paikkaan, johon haluamme. Takanani on sähkövirtaa synnyttävä Voltan patsas, ja minä näytän tämänpäiväisen luentoni lopuksi teille sen merkillisen voiman. Pidän tässä langanpäitä, jotka johtavat voimaa, ja annan niiden vaikuttaa veteen.

Ennen olemme nähneet, millainen polttovoima on kaliumilla, sinkillä ja rautaviilajauhoilla; mutta ei millään niistä ole niin suurta voimaa kuin tällä. (Esi-

telmänpitäjä antaa johdon päitten koskea toisiinsa, jolloin näkyy loistava valo). Tämän valon synnyttää 40 sinkkilevyn voima; se on voima, jota voin johtaa näillä langoilla mieleni mukaan, vaikka se, jos antaisin sen vaikuttaa ruumiiseeni, silmänräpäyksessä surmaisi minut. Ja niin suuri on voima, jonka näette muodostuvan, ennenkuin ennätätte lukea viiteen (samalla asettaa hän poolit yhteyteen keskenään ja näyttää sähkövaloa), että sen voimaa voi verrata ukonilman rajuuteen. Jotta saisitte käsityksen tästä sen voimasta, otan lankojen päät, jotka johtavat voimaa patterista, ja katsokaa: sillä voin polttaa nämä rautaviilajauhot! No niin, tämän mahtavan kemiallisen voiman annan ensi kerralla vaikuttaa veteen, ja te saatte nähdä, mikä siitä on seurauksena.

Neljäs luento.

Sähkövirran kemialliset vaikutukset. Veden hajoittaminen sähköön avulla. Veden muodostuminen räjähdyskaasun palamisesta. Happi, veden toinen aineosa. Veden aineosien painosuhteet. Hapen valmistus ja ominaisuudet. Sen osa palamisilmiöissä.

Olemme huomanneet, että palava kynttilä muodostaa vettä, joka on aivan samanlaista kuin ympärillämme luonnossa löytyvä vesi. Lähemmin tarkastaessamme tätä vettä löysimme siitä ihmeellisen aineen — vedyn, tuon keveän aineen, jota meillä on vielä hiukan tallella tuossa astiassa. Me näimme hehkukuumuuden, jolla vetykaasu palaa, ja että silloin muodostuu vettä. Ja lopuksi kiinnitin huomiotanne koneeseen, josta lyhyesti sanoin, että se on mahtava kemiallinen voimalaitos, joka antaa voimansa näiden lankojen kautta. Vielä sanoin lisäksi, että tällä kerralla annan sen voiman vaikuttaa veteen. Niin teenkin nyt hajoittaakseni veden aineosiinsa, jotta näkisimme, mitä muuta vesi sisältää kuin vetyä. Sillä antaessamme vesihöyryn kulkea hehkuvan pyssynpiipun lävitse, emme saaneet likimainkaan samaa painomäärää kaasua, kuin olimme vettä höyrymuodossa käyttäneet, vaikka saimmekin suuren määrän kaasua. Nyt täytyy meidän siis katsoa, mitä toista ainetta vedessä on.

Että oppisitte tuntemaan Voltan patsaan ominaisuudet ja sen tarjoamia etuja arvossa pitämään, teemme nyt muutamia kokeita. Annamme sen ensiksi vaikut-

taa eräisiin tuttuihin aineisiin, ja katsomme, minkälainen on tulos. Tässä on kuparia (huomatkaa, mitä erilaisia muutoksia siinä voi tapahtua!) ja tässä typpihappoa, saatte nähdä, että tämä happo, ollen voimakas kemiallinen vaikutin, vaikuttaa huomattavasti kupariin, kun asetan ne toistensa yhteyteen. Te näette, että niistä nousee ilmaan kaunista, punaista höyryä; koska emme sitä tarvitse, emmekä tahdo hengittää sitä sisäämme, pitää herra Anderson astiaa jonkun aikaa vetokaapissa, että voimme katsella tätä kaunista ja hyödyllistä koetta saamatta siitä vahinkoa. Pulloon panemani kupari liukenee ja muuttaa hapon ja veden siniseksi nesteeksi, joka sisältää kuparia ja muita aineita, ja minä näytän teille, mitä Voltan patteri siinä saa aikaan. Ensin teemme kuitenkin toisen kokeen, joka näyttää teille sähköpatterimme voiman. Tässä on ainetta, joka näyttää meistä vedeltä, s. o. siinä on aineosia, joita emme vielä tunne, kuten vedessäkin on aineosa, jota emme tunne. Tätä suolaliuosta kaadan nyt paperille, levitän sen sille ja annan sitten patterin voiman vaikuttaa siihen. Tarkatkaa, mitä tapahtuu; siinä tapahtuu kolme, neljä tärkeätä asiaa, joista meidän tulee ottaa oppia. Asetan tämän määrän paperin tinapaperille, joka on hyvin sopivaa tähän tarkoitukseen. Te näette, ettei paperi, jolle liuoksen kaasin, eikä tinapaperi, eikä mikään muukaan ole muuttanut liuostamme; se on siis valmis pantavaksi koneen vaikutuksen alaiseksi. Sitä ennen katsomme, onko kone täydessä kunnossa. Tässä ovat langat. Katsomme, onko se vielä samassa kunnossa kuin viime kerralla. Sen voimme heti koettaa. Nyt, kun asetan langanpäät yhteen, emme saakaan voimanilmausta, koska johdot (joita sanomme elektroodeiksi), sähkön tiet ovat katkaistut; mutta nyt sähköitti herra Anderson minulle (tarkoittaen äkisti leimahtavaa kipinää), että kaikki on valmiina. Ennenkuin alamme kokeemme, katkaisee herra Anderson vielä kerran yhteyden takanani olevaan

patteriin, ja me sidomme platinalangan poolien (johtojen päiden) väliin, ja sitten, kun huomaan, että platinalanka tulee tarpeellisen pitkälti hehkuvaksi, olemme varmat kokeemme onnistumisesta. Kohta saatte nähdä voiman toiminnassa. (Yhteys palautetaan, ja välillä oleva lanka tulee hehkuvan punaiseksi.) Voima kulkee ihmeellisesti lankaa pitkin, ja kun me nyt olemme varmoja sen olemassaolosta, rupeamme käyttämään sitä veden tutkimiseen.

Tässä on kaksi platinal levyä*) ja, kun asetan ne tälle paperipalalle (tinapaperilla olevalle kostutetulle paperille), ette sittenkään näe mitään vaikutusta; minä nostan ne ylös ja te näette, ettei mitään muutosta ole tapahtunut, vaan on kaikki ennallaan. Katsokaapa nyt, mitä tapahtuu; kun nyt otan nämä molemmat poolit (s. o. patterin lankojen päät) ja asetan ne yhden kerrallaan platinal levyille, niin eivät ne tee kumpikaan mitään — kumpikaan yksikseen ei vaikuta; mutta kun asetan ne molemmat yhtäikää platinal levyihin kiinni — katsokaapa, mitä se vaikuttaa (tumma pilkku ilmestyy patterin kummankin poolin alle). Huomaatte, että valkoisesta on eronnut jotakin — jotakin tummaa.***) En ollenkaan epäile, että saan saman kauniin vaikutuksen, jos asetan toisen poolin tinapaperille paperin toiselle puolelle, ja koetanpa, enkö voi kirjoittaa sillä jotakin sähkösanoman tapaista. (Esitelmöitsijä kirjoittaa langalla sanan »Poika» paperille.) Katsokaa, kuinka hyvin tuloksiin olemme päässeet!

Te näette, että olemme eroittaneet tästä liuoksesta jotakin, jota emme aikaisemmin tunteneet. Nyt otamme

*) Platina on hopeankaltaista jaloa metallia.

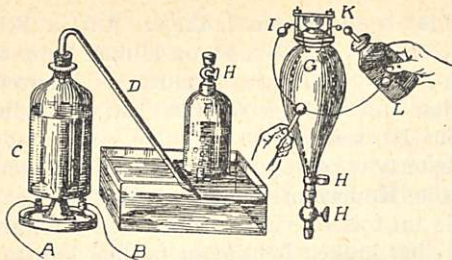
**) Tekstissä kuvattu koe edellyttää, että paperi on kastettu lyijysokerilla (tai muulla samanluontoisella metallisuolalla). Ilmiö ei ole aivan yksinkertainen ja siksi sen selittäminen täytyy tässä jättää. — Jos mainitun lyijysokerin asemesta käytetään kosteata jodkaliumiliuosta, johon on lisätty ohutta tärkkelysliisteriä, syntyy toisen poolin alle kaunis sininen pilkku.

tämän pullon herra Andersonilta, ja tutkimme, mitä siitä voimme eroittaa. Se sisältää, kuten tiedätte, nestettä, jonka itse valmistimme kuparista ja typpihaposta, ennenkuin ryhdyimme muihin kokeisiimme. Vaikka minun täytyy tehdä koe hiukan liian sukkelaan ja siten helposti tulee pieniä virheitä, niin tahdon mieluummin antaa teidän nähdä, mitä teen, kuin valmistaa kaikki edeltäpäin.

Huomatkaa tarkoin, mitä tapahtuu! Nämä kaksi platinalevyä ovat koneen molemmat päät (eli paremmin, minä teen ne sellaisiksi), ja nyt asetan ne tämän liuoksen yhteyteen, juuri samoin kuin äsken teimme paperille. Meille on yhdentekevää, onko liuos paperilla vai astiassa, kun vaan saamme koneen päät sen yhteyteen. Kun pistän nämä platinalevyt sellaisinaan liuokseen, nousevat ne sieltä yhtä puhtaina, kuin menivätkin sinne (samalla kastaa hän ne liuokseen, yhdistämättä niitä patteriin); mutta kun annamme patterimme samalla vaikuttaa ja nyt pistämme ne sinne (levyt kiinnitetään patteriin ja kastetaan uudestaan), niin näette (samalla ottaa hän toisen levyistä pois), että se näyttää äkkiä muuttuneen kupariksi, jota meillä alkujaan oli nesteessämme, se on muuttunut kuin pieneksi kuparilautaseksi; tämä toinen levy sitä vastoin (hän nostaa pois toisen levyn) tulee aivan puhtaana sieltä. Jos vaihdan kuparoidun levyn toiselle puolelle, niin kulkee kupari oikealta vasemmalle; ennen kuparoitu levy on nyt puhdas, ja ennen puhdas levy taas kuparin peitossa, ja niin näette, että saman kuparin, jonka liuotimme nesteeseen, voimme täten tämän koneen avulla saada taas erilleen.

Mutta jättäkäämme jo kupari syrjään ja katsokaamme, mitä koneemme vaikuttaa puhtaaseen veteen. Tässä on kaksi pientä platinalevyä, jotka asetan patterin päiksi. Tämä pieni astia (C) on sellainen, että voin sen hajoittaa ja näyttää teille sen rakenteen. Näihin kahteen pieneen kuppiin kaadan elohopeaa, joka niissä koskee

platinalevyjen yhteydessä olevien lankojen A:n ja B:n päihin. Astiaan C kaadan vettä, jossa on hiukan happoa (happo helpottaa sähköän vaikutusta, mutta ei muuten vaikuta mitään itse ilmiöön), ja sovitan astian suulle taivutetun putken (D), samanlaisen kuin se, joka uunikohteessa oli yhdistetty pyssynpiippuun, ja johdan sen pään astian F:n alle. Koneemme on täten valmis, ja koetamme nyt tavalla tai toisella vaikuttaa veteen. Aikaisemmin annoin veden kulkea hehkuvan putken kautta; nyt sitä vastoin annan sähköän kulkea astiassa olevan veden kautta. Ehkä saan veden kiehumaan; jos se kiehuu, saan höyryä; te tiedätte, että vesihöyry tiivistyy, kun se jäähtyy, ja siitä voitte päättää, keitänkö vettä vai enkö. Ehkä en saakaan sitä kiehumaan, vaan saan aikaan muita vaikutuksia siinä. Nyt teen kokeen, seuratakseni mukana! Minä kiinnitän toisen langan tälle puolelle (A) ja toisen tuolle (B) ja te näette, tapahtuuko mitään muutoksia. Vesi näyttää kiehuvan astiassaan; mutta kiehuuko se todellakin? Katsokaamme muuttuuko se höyrymuotoon vai enkö. Luulen, että pian näkisitte astian (F) höyryä täynnä, jos se, mitä vedestä kohoaa, olisi höyryä. Mutta voiko se olla höyryä? Ei suinkaan! Tehän näette, että se pysyy muuttumatta. Sehän jää tuonne veden päälle, eikä siis voi olla höyryä, vaan täytyy meillä tässä olla edessämme tiivistymätön kaasu. Mutta mitä se sitten on? Onko se vetyä? Onko se jotain muuta? Jos se on vetyä, palaa se. (Esitelmöitsijä syyttää osan kokoontuneesta kaasusta, joka palaa räjähtäen.) Se on varmasti jotakin palavaa, mutta se ei pala samalla tavalla kuin vety, sillä vety ei räjähtäisi tuolla tavoin; mutta liekin väri, joka näkyi palaessa, oli vetyliekin näköinen. Tässä on vielä jotain erittäin merkittäviä: se palaa saamatta ilmaa. Näyttääkseni teille tämän ilmiön erikoisominaisuudet olen pannut kuntoon toisenkin koneen. Avonaisen astian sijasta olen ottanut suljetun, ja minä näytän teille, että tällä kaasulla, olkoon



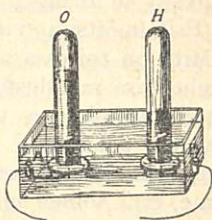
Kuva 20.
Veden hajottaminen sähkövirran avulla, ja syntyvien kaasujen syyttämisen Leydenin pullolla (L).

se sitten mitä tahansa, on kyky palaa ilman ilmaa, ja se eroaa siinä suhteessa kynttilästä, joka ei voi palaa ilman ilmaa. Sen teemme seuraavalla tavalla: Minulla on tässä lasiastia (G), joka on yhdistetty kahteen platinalankaan (K ja I), joitten välillä sähkökipinä voi lyödä. Astian voimme asettaa ilmapumpun alle ja pumputa siitä pois ilman sekä sen jälkeen yhdistää sen astiaan (F) ja avaamalla hanat HHH laskea sinne kaasun, joka on syntynyt Voltan patsaan vaikutuksesta veteen, ja jonka siis olemme saaneet muuttamalla vedestä — sillä voin hyvin mennä niin pitkälle, että sanon muuttaneemme kokeessamme veden kaasuksi. Emme ole ainoastaan muuttaneet sen olotilaa, vaan todellakin täydellisesti saaneet sen täksi kaasumaiseksi aineeksi. Kun nyt siis ruuvaan astian (G) astiaan (F) siten, että tarkasti yhdistän putket, ja sitten aukaisen hanat, niin näette veden nousemisesta astiassa (F), että kaasu kohoaa ylös. Nyt on astia (G) aivan täynnä sitä; suljen siis hanat, otan astian varovaisesti irti ja annan sähkökipinän Leydenin pullosta (L) lyödä sen lävitse, jolloin astia, joka nyt on kirkas, himmenee. Se ei siitä rikkoonnu, sillä se on kyllin vahva kestääkseen räjähdysten. (Esitelmöitsijä antaa kipinän lyödä, jolloin räjähtävä seos syttyy.) Näittekö loistavan valon? Jos nyt uudestaan yhdistän tämän astian alempaan astiaan, niin näette veden kohoamisesta, että kaasu uudestaan kohoaa. (Hanat avataan.) Astiaan ensiksi kokoamamme kaasu, joka sähkö-

kipinällä sytytettiin, on kadonnut, kuten näette; sen paikka on tyhjä ja uutta kaasua virtaa sijaan. Se on muuttunut vedeksi ja, kun taas uudistamme saman kokeen, saamme taas tyhjän sijan, kuten veden nousemisesta voitte havaita. Räjähdyksen jälkeen on astia aina tyhjä, koska höyry tai kaasu, joksi sähköpatteri on muuttanut veden, räjähtää kipinän lyödessä ja muuttuu takaisin vedeksi; ja vähitellen näette astian laidoille keräytyvän muutamia pisaroita ja tippuvan siitä astian pohjalle.

Olemme tässä esittäneet uuden veden muodostamistavan, jossa ilmakehän ilmaa ei ollenkaan tarvita. Kynttilästä muodostui vettä ilmakehän avulla; mutta tällä tavoin muodostuu sitä ilmasta riippumatta. Veden täytyy siis sisältää tuota toista ainetta, jota kynttilät ottavat ilmasta ja joka yhdessä vedyn kanssa muodostaa vettä.

Nyt näitte juuri, että patterin toinen pää veti puoleensa kuparin, jonka se erotti tuossa astiassa olevasta sinisestä liuoksesta. Sen vaikutti tämä lanka; ja kun patteri vaikuttaa tuolla tavoin metalliseen liuokseen, ja voimme mielemme mukaan saada sen vaikuttamaan tai olemaan vaikuttamatta, emmekö uskaltaisi tutkia, eikö olisi mahdollista erottaa sillä veden eri ainesosat erilleen? Koetakaamme! Minä otan poolit — patterin metallipäät — ja seuratkaa nyt mukana, kuinka vedelle käy tässä koneessa, jossa olemme erittäneet poolit kauas toisistaan. Minä yhdistän toisen tänne (A) ja toisen tänne (B), ja tässä on pienet reijälliset lautapalat, jotka asetan kummankin poolin kohdalle niin, että ne kaasut, mitkä patterin eri päistä saadaan, pysyvät erillään; sillä tehän



Kuva 21.
Veden kahden ainesosan erottaminen.

näitte jo, ettei vesi muuttunut höyryksi vaan kaasuksi. Langat ovat nyt yhteydessä veden kanssa, ja te näette, kuinka kuplia alkaa kohota; me kokoamme ja tutkimme ne. Tässä on lasilieriö (O); sen täytän vedellä ja asetan sen toisen pään (A:n) päälle; toisen lieriön (H:n) asetan toiseen päähän (B). Näin on meillä kaksoiskone, jossa kahdessa kohti kaasua vapautuu. Molemmat astiat täyttyvät kaasulla. Katsokaa, nyt se alkaa! Oikealla oleva (H) täyttyy sukkelaan, vasemmalla oleva (O) ei niin nopeasti. Vaikka olenkin päästänyt muutamia kuplia karkuun, toimii kone jotakuinkin säännöllisesti ja, jollei toinen astia ole suurempi kuin toinen, niin näette, että toiseen (H) saan kaksi kertaa niin paljon kaasua kuin toiseen (O). Molemmat kaasut ovat värittömiä; ne pysyvät veden yläpuolella tiivistymättä, ne näyttävät olevan samanlaisia — tarkoitan, sikäli kuin silmämme voivat päättää. Mutta meillä on nyt mitä parhain tilaisuus tutkia näitä aineita ja määrätä niiden todellinen luonne. Niitä on siksi paljon, että helposti voimme tehdä niillä kokeita. Ensiksi otan astian (H) ja pyydän teitä olemaan valmiita vetyä tuntemaan.

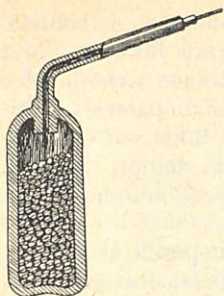
Te muistatte kaikki sen ominaisuudet — kevyt kaasu, joka pysyi hyvin ylösalaisin olevassa astiassa, paloi sinertävällä liekillä pullon suussa — ja katsokaa nyt, täyttääkö tämä kaasu kaikki nämä ehdot. Jos se on vetyä, pysyy se astiassa niin kauvan, kuin pidän sitä nurinpäin. (Esitelmöitsijä vie siihen kynttilän, ja vety syttyy.) Mitä on toisessa astiassa? Te tiedätte, että molemmat yhteensä muodostavat räjähtävän seoksen. Mutta mikä mahtaa olla se veden toinen aineosa, joka voi saada vedyn palamaan? Tiedämme, että vesi, jonka panimme astiaan, on kokoonpantu kahdesta osasta. Huomasimme, että toinen niistä on vety: mikä on se toinen, joka oli ennen koetta vedessä ja jota nyt olemme erikseen koonneet tähän astiaan? Pistän tämän hehkuvan tikun lasiin. Katsokaa, kaasu ei pala, mutta tikku leimahtaa

ilmiliekkiin. Katsokaa, kuinka se jouduttaa palamista! Puu palaa siinä paljon paremmin kuin ilmassa. Nyt voitte myös tästä nähdä, että veden toinen aineosa tulee ilmasta, kun vettä muodostuu kynttilän palaessa. Miten nimitämme tuota ainetta, A:ksi, B:ksi vai C:ksikö? Annamme sille nimen O, — oksygeeni, happi. Happea on siis tämä, jota olemme eroittaneet toisena osana vedestä.

Nyt pääsemme vähitellen syvemmin perille asiaamme, ja kohta käsitämme, miksi kynttilä palaa ilmassa. Veden analyysistä s. o. sen hajoamisesta osiinsa, saimme 2 tilavuusosaa vetyä ja yhden tilavuusosan happea. Tämä suhde on esitetty seuraavassa kuviossa ja samalla ilmoitettu molempien aineitten painot, josta näemme, että happi on paljon vetyä raskaampaa:

I vety	8 happi	happea 88.9
		vetyä II.1
		<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> vettä 100.0

Kun nyt olemme nähneet, kuinka voimme erottaa hapen vedestä, näytän teille myös, kuinka sitä helposti voidaan valmistaa suurempia määriä. Happea on, kuten nyt helposti voitte arvata, ilmassa; sillä kuinka voisi palava kynttilä muuten antaa vettä, joka sisältää happea? Sehän olisi mahdotonta; saada vettä ilman happea on kemiallinen mahdottomuus. Voimmeko valmistaa happea ilmasta? On kyllä muutamia pitkäjäisiä ja vaikeita menettelytapoja, joiden avulla se onnistuu; mutta me tunnemme paljon parempia keinoja. Tässä on erästä ainetta, niin sanottua ruunikiveä, mitättömän näköistä, mutta käyttökelpoista kivennäistä. Jos tätä ruunikiveä kuumennetaan punahehkuun asti, antaa se happea. Tässä on rautainen pullo, jossa on ruunikiveä, ja sen kaulaan on kiinnitetty johtoputki. Tuli on valmiina ja herra



Kuva 22.
Retortti, jossa kuumennetaan ruunikiveä.

Anderson asettaa nyt retortin *) siihen; se kestää kyllä kuumuutta, sillä sehän on rautainen. — Tässä on erästä suolaa, kaliumikloraattia nimeltään, jota nykyään käytetään suurissa määrin ilotulituksiin sekä kemiallisiin, lääketieteellisiin ja muihin tarkoituksiin. Sitä sekoitan jonkun verran ruunikiveen (kuparioksidia tai rautaoksidia voi käyttää ruunikiven asemasta), ja kun asetan tämän seoksen retorttiin, ei sitä tarvitse kuumentaa

likimainkaan punahehkuun asti, ennenkuin siitä alkaa kehittyä happea. Minun tarkoitukseni ei ole valmistaa sitä kovinkaan paljon, ainoastaan sen verran kuin kokeisiimme tarvitaan; en kuitenkaan saa käyttää liian vähän aineksia sitä varten, koska aluksi kehittynyt kaasu sekaantuu retortissa ilmaan ja minun sentähden täytyy hyljätä tuo ensiosa; minun täytyy siis laskea pois ensiksi muodostunut kaasu. Saatte nähdä, että tavallinen väkiviinaliekki riittää kehittämään happea, ja niin on meillä nyt kaksi tapaa valmistaa sitä. Katso-kaapa, kuinka runsaasti kaasua kehittyy tuosta pienestä seoksesta. Nyt kokeilemme sillä ja tutkimme sen ominaisuuksia. Kuten näette, saamme tällä tavoin aivan samannäköistä kaasua, kuin saimme sähköpatterin avulla, se on läpinäkyvää, veteen liukenematonta ja muuten aivan ilman näköistä. (Kun tämä ensimmäinen astiallinen sisältää ilmansekaista kaasua, päästämme sen pois, ja sitten olemme valmiit tekemään kokeemme säännöllisesti ja varmasti.) Hapella, jota äsken Voltan patterin

*) Retortti on kaarevakaulainen astia, samantapainen kuin ylempänä oleva pullo, jossa voidaan kuumentaa erilaisia aineita, joista muodostuvat kaasut sitten johtuvat putken kautta sinne, mihin ne tahdotaan koota.

avulla eroitimme vedestä, huomasimme selvän kyvyn edistää puun, kynttilän y. m. palamista, ja voimme odottaa saavamme huomata samaa tästäkin. Koettakaamme! Katsokaa: näin palaa kynttilä tavallisessa ilmassa, ja kas, kun pidän kynttilää astiassa, tällaista on sen palaminen tuossa kaasussa! Katsokaa, kuinka kirkkaasti ja kauniisti se palaa! Mutta te voitte nähdä vielä muutakin, — huomaatte, että se on raskasta kaasua, kun taas vety kohoaa ylös kuin ilmapallo, eli vielä paljon nopeammin kuin ilmapallo, koska sillä ei ole kuorta nostettavanaan. Te käsitätte kyllä, että vaikkakin saimme vedestä tilavuudeltaan kaksi kertaa niin paljon vetyä kuin happea, siitä ei seuraa, että edellinen samalla on kaksi kertaa raskaampaa; päinvastoin on happi raskas, mutta vety hyvin kevyt kaasu. On useita tapoja, joilla voidaan punnita ilma- eli kaasulajeja; mutta ryhtymättä niitä selittämään, voin suoraan sanoa, kuinka paljon nämä kaasut painavat. Niiden eroitus on suuri: kuutiometri vetyä painaa vain 89 grammaa, kuutiometri happea taas 1 kg 432 gr. Happi on siis 16 kertaa niin raskasta kuin samankokoinen vetymäärä.

Käytämme tätä kynttilää tutkiaksemme vielä tarkemmin hapen ominaisuutta ylläpitää palamista, ja verrataksemme sen vaikutusta ilmaan, vaikka tulos ei tule olemaankaan kovin tarkka. Tässä palaa kynttilä ilmassa; kuinka se palaa hapessa? Tässä on astiallinen happea; nyt panen siihen kynttilän, niin että voi huomata eroituksen hapen ja ilman vaikutuksen välillä. Kas, tämähän näyttää melkein samanlaiselta kuin sähkövalo patterin poolien välillä, jonka jo näitte. Miten voimakas tämä vaikutus onkaan! Ja kuitenkin ei ilmiössä muodostu muuta kuin samaa, mitä kynttilän ilmassa palaessa kehittyi. Tässäkin muodostuu vettä — aivan samalla



Kuva 23.
Laitos, jolla
kynttilä las-
ketaan hap-
pi-astiaan.

lailla — palakoonpa kynttilä ilmassa tai tässä kaassussa.

Teen vielä muutamia kokeita, joista vielä selvemmin näkyy hapen ihmeellinen voima ylläpitää palamista. Tässä on esimerkiksi lamppu, jota sen yksinkertaisuudesta huolimatta voin sanoa monenlaisten lamppujen malliksi, joita on tehty mitä erilaisimpiin tarkoituksiin, majakoihin, mikroskoopin valaisemiseen j. n. e. Kun nyt tahdomme saada sen hyvin kirkkaasti palamaan, niin voitte kysyä: »Jos kerran kynttilä palaa kirkkaammin hapessa, miksi ei lamppukin?» Niin se tekeekin. Herra Anderson antaa minulle johdon, joka johtaa happisäiliöstämme, ja minä asetan sen tähän liekkiin jonka tahallani annan palaa huonosti. Nyt tulee happi — kas, kuinka oivallinen vaikutus! Jos suljen sen uudelleen pois, kuinka lampun käy? (Happivirta keskeytetään ja lamppu valaisee yhtä heikosti kuin ennenkin.) On aivan ihmeellistä, miten hapen avulla voimme auttaa palamista. Mutta se ei näy ainoastaan vetyliekissä, hiilen tai kynttilän palaessa, vaan kaikenlaisissa tavallisissa palamisissa. Te olette esim. nähneet raudan palavan ilmassa; koettakaamme tuota palamista hapessa. Tässä on pullo täynnä happea. Otan vähän rautalankaa — voisin yhtähyvin käyttää ranteen paksuista rautakankea, ja se palaisi samalla tavoin. Ensin kiinnitän pikku pala-



Kuva 24.
Rautalangan palami-
nen hapessa,

sen puuta langan päähän, sytytän puun ja asetan molemmat happiasiaan. Puu leimahtaa ja palaa kuten ainakin hapessa; mutta kohta syttyy rautakin palamaan. Katsokaa, nyt palaa rauta komeasti ja jatkaa pitemmän aikaa palamistaan. Jos edelleen lisäisimme happea, voisimme saada raudan palamaan loppuun asti.

Asetamme tämän syrjään, tarkastellaksemme muutamien muitten ai-

neitten palamista, sillä meidän täytyy tarkkaan käyttää meille suotu aika. Otamme kappaleen rikkiä; tiedättehän, miten rikki palaa ilmassa; panemme sen happeen ja te saatte taas nähdä, että aine, joka voi palaa ilmassa, palaa verrattomasti vilkkaammin hapessa. Tästä kokemuksesta meissä pitäisi herätä ajatuksen, että ilmakehän kyky ylläpitää palamista riippuu aivan kokonaan tästä kaasusta. Rikki palaa nyt aivan levollisesti hapessa; mutta varmasti te ette voi olla huomauttamatta, että tässä kuitenkin palaa monin verroin vilkkaammin kuin ilmassa.



Kuva 25.
Polttokauha, jolla fosfori poltetaan hapessa.

Näytän teille vielä fosforin palamisen tässä; minä voin tehdä sen täällä paremmin kuin te kotonanne. Kuten tiedätte, on fosfori helposti syttyvää, ja ainetta, joka ilmassakin palaa helposti, kuinka vilkkaasti palaneekaan se hapessa! En näytä teille ilmiötä koko rajuudessaan, sillä koko koneemme voisi silloin lentää ilmaan, ja nytkään en kenties voi estää tätä pulloa rikki menemästä. Näette, kuinka fosfori syttyy ja palaa ilmassa. Mutta kuinka loistavaa valoa se säteileekään tultuaan happeen! Katsokaa, kuinka pieniä kappaleita sinkoilee siitä, ja kuinka ne kaikki leimahtavat kiivaasti, mistä tuo loistava valo juuri syntyykin.

Sen verran tällä kertaa hapen taipumuksesta ylläpitää muiden aineiden vilkasta palamista. Lähinnä seuraava toimemme on saada tarkempaa selvyyttä sen suhteesta vetyyn.

Te muistatte, kuinka hajoitimme veden vedyksi ja hapeksi, sitten sytytimme näiden seoksen ja saimme pienen räjähdysten. Muistatte edelleen, että poltimme happea ja vetyä yhdessä samassa astiassa, jolloin muodostui vähän valoa, mutta hyvin paljon lämpöä. Tässä on minulla nyt molempia kaasuja sekoitettuna samassa suhteessa, kuin niitä on vedessä, ja minä sytytän tämän

seoksen. Tämä astia sisältää juuri yhden tilavuusosan happea ja kaksi tilavuusosaa vetyä; seos on siis aivan samanlaista kuin kaasu, jonka saimme hajoittamalla vettä sähköpatterilla. Mutta koska en tahdo sytyttää kaikkea yhdellä kertaa — siinä on aivan liian paljon yhdeksi kerraksi — olen valmistanut saippuavettä, johon johdan kaasuseoksen, saadakseni seoksella täytettyjä saippuakuplia, ja nämä kuplat minä sitten sytytän. Tällä tavoin voimme yksinkertaisesti tutkia vedyn palamista hapessa. Koettakaamme siis aluksi saada saippuakuplia! Johdan kaasuseoksen savipiipun kautta saippuaveteen, ja katsokaa, tuossa muodostaa jo kaasu kuplan. Otan sen käteeni. Te ehkä ajattelette, että olen hyvin varomaton; mutta minä näytän teille, ettei tarvitse välittää tyhjästä melusta ja paukuksesta. (Esi-telmöitsijä räjähdyttää kuplat kädellään koskemalla niihin palavalla tikulla.) Mutta minun täytyy varoa sytyttämästä kuplaa juuri sen tullessa savipiipusta, koska räjähdys kulkisi silloin putkea myöten astiaan ja särkisi sen pieniksi pirstaleiksi. Happi siis, kuten tässä olemme nähneet ja paukauksista kuulleet, yhtyy hyvin vilkkaasti vetyyn, ja silloin sen omituinen voima kuten vedynkin kokonaan häviää: hapen ja vedyn ominaisuudet kumoavat toisensa.

Nyt voinen otaksua, että voitte selvästi käsittää veden, hapen ja ilmakehän ilman kemiallisen luonteen yhteyden. Kappale kaliumia, jonka panen veteen — kuten nyt vielä kerran teen — miksi hajoittaa se veden? Koskapa se löytää happea vedestä. Ja mikä silloin vapautuu? Vety vapautuu, ja tämä vety palaa samalla, kuin kalium yhtyy happeen. Tämä kaliumikappale ottaa siis, kun se hajoittaa veden — onhan sekin vettä, joka muodostuu kynttilän palaessa — se ottaa, sanon minä, hapen vedestä, kuten kynttilä otti sen ilmasta, ja jättää samalla vedyn vapaaksi. Ja tämä kaliumin ja hapen läheinen laipumus toisiinsa näkyy parhaiten, kun

asetan kaliumpalasen jäähän — silmänräpäyksessä sytyttää jää kaliumin.

Olisin tahtonut näyttää teille vielä tänään tämän kaiken, laajentaakseni teidän käsitystänne näistä asioista, ja että näkisitte, kuinka paljon olosuhteet vaikuttavat ilmiöihin. Joutuessaan kaliumin yhteyteen vaikuttaa jää tulivuoren purkauksen tapaisen ilmiön.

Kun nyt kerran olen kosketellut näitä harvinaisia ilmiöitä, on tarkoitukseni ensi kerralla näyttää teille, ettei meidän tarvitse peljätä niitä, kun vaan, kuten käyttäessämme kynttilää huoneessa, kaasuväloa kadulla tai lämmittäessämme uunia, otamme luonnonlait, joitten alaisia nuo ilmiöt ovat, ohjaksiksi.

Viides luento.

Ilma on hapen ja typen sekoitusta. Typen ominaisuudet. Ilman aineosien painosuhteet. Kaasujen punnitseminen. Ilmanpaine. Ilman kimmoisuus. Hiilihapo kynttilän palamistuloksena. Hiilihapon tuntomerkit. Sen esiintyminen luonnossa. Hiilihapon valmistus ja ominaisuudet.

Olemme nähneet, että kynttilän palaessa saamme vettä, ja että tästä vedestä voimme valmistaa vetyä ja happea. Vety tulee, kuten tiedätte, kynttilästä, ja ilmasta saadaan lisäksi happi. Nyt voitte syystä kysyä: »mistä johtuu sitten se, ettei kynttilä pala yhtä hyvin ilmassa kuin hapessa?» Muistatte hyvin, kuinka panin palavan kynttilän happeen ja kuinka se siellä paloi aivan toisin, paljon kiivaammin, kuin ilmassa. Miksi niin? Tämä kysymys on meille erittäin tärkeä, se koskee välittömästi ilman luonnetta, ja nyt koetan vastata siihen niin, että sen ymmärrätte.

Aineitten vilkkaampaa palamista hapessa voimme käyttää tämän kaasun tuntomerkinä. Olette nähneet, kuinka kynttilä palaa ilmassa ja kuinka se palaa hapessa; samaa olette nähneet fosforista ja rautaviilajauhoista. Tähän tarkoitukseen voidaan kuitenkin käyttää muitakin keinoja, ja laajentaakseni kokemustanne ja tietojanne, teen vielä muutamia kokeita. Tässä on astiallinen happi; minun täytynee teille ensin todistaa, että se sitä on. Asetan hehkuvan tikun siihen, ja kokemuksesta, jonka viime kerralla saitte, voitte edeltäpäin varmasti sanoa seurauksen — katsokaa: tuo vilkas palaminen todistaa

epäämättömästi, että astiassa on happea. Ja nyt toinen erittäin ihmeellinen ja hyödyllinen koe hapella. Tässä on kaksi astiaa, molemmat täynnä kaasua, niiden välillä on levy, joka estää kaasuja koskemasta toisiinsa. Nyt otan levyn pois, ja molemmat kaasut sekaantuvat toisiinsa. »No mitä siinä sitten tapahtuu?» kysytte te. »Eivät-hän ne pala, kuten tikku äsken!» Ja kuitenkin saatte tässä näiden kaasujen yhtymisessä toisiinsa oppia näkemään todistuksen hapen läsnäolosta. Katsokaa sitä kaunista punaisenruskeata kaasua, joka näin on syntynyt! Voimme tehdä saman kokeen tavallisella ilmalla, kun sekoitamme siihen tätä koetinkaasua.*) Tässä astiassa on ainoastaan ilmaa — saimaa ilmaa, jossa kynttilät paloivat — ja tässä pullossa on koetinkaasua; annan niiden yhtyä veden yläpuolella, ja nyt näette seurauksen: koepullon sisällys virtaa astiaan, jossa oli ainoastaan ilmaa. Huomaamme aivan saman ilmiön kuin kokeillessamme hapella, ja päätämme taas siitä, että ilmassakin on happea — aivan samaa happea, jota saimme kynttilästä valmistetusta vedestä. Mutta miksi ei kynttilä pala ilmassa yhtä hyvin kuin hapessa? Kohta tulemme siihenkin kohtaan. Tässä on kaksi lasia; molemmissa on yhtä paljon ilmamaista ainetta, enkä todella tiedäkään, kummassa on happea, kummassa ilmaa — sen vaan tiedän varmasti, että niillä kaasuilla ne ovat täytetyt. Mutta tässähän meillä on koetinkaasua; annan sen vaikuttaa molempiin astioihin, nähdäksemme, muuttuuko se kummassakin kaasussa samalla lailla ruskeaksi. Päästän siis kaasua toiseen astioista ja katson, mitä ta-

*) Tämä »koetinkaasu» on n. s. typpioksidia, erästä typen (josta tässä luennossa vielä paljon puhutaan) ja hapen yhdistystä. Sen tuntomerkinä on, että se tultuaan vapaan hapen yhteyteen yhtyy siihen, muodostaen uuden happirikkaamman yhdistyksen. Kun typpioksidia ja happi ovat värittömiä ja näkymättömiä, mutta kaasu, jonka ne yhdistyessään muodostavat, on tumman ruskea, näyttää typpioksidia todellakin silmäänpistäväällä tavalla vapaan hapen läsnäolon.

pahtuu. Näette, että se tulee heti ruskeaksi — siis on siinä happea! Koettakaamme nyt toista astiaa. Näette, ettei se niin nopeasti ja täydellisesti rusketu kuin edellinen. Mutta tässä ilmenee vielä seuraava merkillinen seikka: Jos pudistelen näitä molempia kaasuja veden kanssa, ottaa vesi ruskean kaasun itseensä, liuottaa sen, ja jos sitten uudestaan lasken sinne koetinkaasua, niin että taas syntyy ruskeata kaasua, ja pudistelen uudelleen, liukenee se taas, ja sitä voin jatkaa niin kauan kuin astiassa on hitunenkin happea.

Jos lasken koetinkaasua ilmaan, tapahtuu ilmiö toisella tavalla. Ensiksi muodostuu tässäkin ruskeata kaasua; niin pian kuin päästän sinne vettä, häviää ruskea kaasu, ja niin voin yhä edelleen laskea koetinkaasua sinne, kunnes tuo merkillinen aine, joka värjää ilman ja hapen ruskeaksi, ei enää saa aikaan mitään ruskettumista. Mistä se johtuu? Te ymmärrätte sen heti: koska ilma sisältää muutakin kuin happea, ja tämä se jää lopuksi jäljelle. Lasken vielä hiukan ilmaa astiaan ja, koska ruskettuminen silloin taas tulee näkyviin, niin voitte siitä päättää, että siellä oli vielä ruskeaksi värjäävää kaasua, niin ettei siis sen puute vaikuttanut sitä, että emme saaneet nähdä ruskeata väriä.

Nyt voitte helposti ymmärtää, mitä aijon sanoa. Kun fosforia poltetaan ilmalla täytetyssä astiassa, jää, sitten kun fosforin ja ilman hapen muodostama savu on laskeutunut ilmasta, melkoinen osa käyttämättä — aivan samoin, kuin koetinkaasu jätti tässä jotakin muuttamatta. Ja todellakin on se samaa ainetta, johon ei fosfori eikä ruskeaksi värjäävä kaasu voi vaikuttaa, ja tämä jokin on ilman osa, mutta ei mitään happea.

Tässä olemme löytäneet keinon jakaa ilma molempiin aineosiin, joista se on kokoonpantu — happeen, joka tekee kynttilän, fosforin ja muut aineet palaviksi, ja toiseen aineeseen, joka ei vaikuta palamista, *tyypeen*. Tätä toista ainetta on ilmassa paljon enemmän kuin happea. Tut-

kiessamme sitä huomaamme sillä harvinaisia ominaisuuksia; se on merkillinen aine, vaikka se ei ehkä näytä teistä huvittavalta, koska se ei esim. vaikuta mitään loistavia palamisilmiöitä. Kuten vetyä ja happea tutkin tätäkin ensin palavalla kynttilällä. Näette, ettei se syty kuten vety, eikä anna kynttilän palaa, kuten happi; koetanpa kuinka hyvänsä, ei se tee kumpaakaan. Se ei syty, ja palavan kynttilän se sammuttaa; se sammuttaa jokaisen liekin, olkoonpa tämä mikä tahansa. Ei ole ainoatakaan ainetta, joka voisi tavallisissa oloissa palaa siinä. Typpi on hajutonta ja mautonta, se ei liukene veteen, se ei ole hapen eikä emäksinen, se ei vaikuta mihinkään aistimeemme. Nyt ehkä sanotte: »Mitäpä siitä — se ei ansaitse meidän huomiotamme — mitä tekemistä sillä on ilmassa?» Seis toki! Tarkastakaamme lähemmin, emmekö voi tehdä siitä tärkeitä huomioita. Otaksukaamme, että ilma olisi pelkkää happea sen sijasta, että se on hapen ja typen sekoitusta — mitä meistä silloin tulisi? Te tiedätte, että hehkuva rautakappale palaa täydellisesti puhdasta happea sisältävässä astiassa; ajatelkaa rautaista kolmijalkaa tulella liedellä — kuinka kävisi sille, jos ilma olisi puhdasta happea. Kolmijalka palaisi yhtä sukkelaan kuin hiiletkin; sillä kolmijalan raudalla on suuri taipumus palaa, s. o. sillä on huomattava halu yhtyä happeen. Tuli veturissa olisi kuin tuli keskellä halkovarastoa, jos ilma olisi puhdasta happea. Mutta typpi hillitsee tulen, tekee sen meille soveliaaksi palvelijaksi, ja sitä paitsi kuljettaa se mukanaan palamistulokset, levittää ne ilmakehään ja johtaa ne sellaisille paikoille, joissa ne ihanalla tavalla tekevät ihmiskunnalle hyötyä, nimittäin ylläpitämällä kasvistoa. Nyt näette, että tämä typpi, jota piditte niin arvottomana, tekee meille ihmeellisiä palveluksia.

Typpi on tavallisissa oloissa aivan vaikutukseton alkuaine; vahvinkaan sähkövoima ei sitä saa kuin korkeintaan hyvin vähäisessä määrässä yhtymään ilman

toisen aineosan, hapen, tai jonkun muun aineen kanssa; se on kerrassaan vaikutukseton, niin että tekisi mieli kutsua sitä typen sijasta turvallisuusaineeksi.

Ennenkuin nyt jatkamme tutkimustamme, puhun vähän itse ilmakehän ilmasta. Kirjoitan tähän 100 ilmaosan kokoomuksen.

	Tilavuusosia	Paino-osia
Happea	21	23
Typpeä	79	77
	100	100

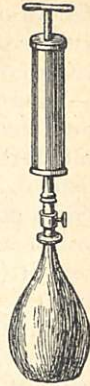
Tämä on tarkalleen hapen ja typen suhde ilmassa, niinkuin tutkimalla saamme selville. Huomaamme, että 5 osaa ilmaa sisältää noin 4 tilavuusosaa typpeä ja 1 tilavuusosan happea. Niin valtavan paljon typpeä tarvitaan hillitsemään hapen vaikutusta, niin että kynttilä palaa hyvin, ja että keuhkomme voivat terveinä ja rauhassa hengittää ilmaa. Sillä molemmat, niin hyvin hengityksemme kuin kynttilän palaminen tai uunin lämmittäminen, riippuvat samalla tavalla siitä, että ilma on sopiva sekoitus happea ja typpeä.

Nyt ilmoitan teille myös itse kaasujen painot.

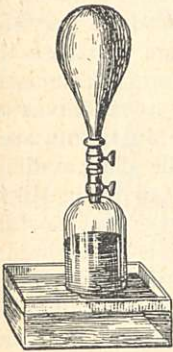
1 kuutiometri (1000 litraa)	typpeä	painaa	1251 gr
1	„	„	happea „ 1429 gr
1	„	„	ilmaa „ 1293 gr

Jo useampia kertoja olen kuullut teidän kysyvän, ja minusta on hauskaa, että niin olette tehneet: »Kuinka punnitaan kaasuja?» Näytän sen teille. Se on hyvin yksinkertaista ja helppoa. Tässä on vaaka ja tässä kuparipullo; se on tehty mahdollisimman ohueksi ja kevyeksi, mutta on kuitenkin kestävä ja luja sekä samalla täydellisesti ilman pitävä ja sorvipenkissä siistiksi sorvattu. Siinä on helposti avattava ja suljettava hana; nyt se on auki, ja ilma pääsee siis vapaasti pulloon. Tässä on hieno, hyvin herkkä vaaka, ja luulen, että pullo ny-

kyisessä tilassaan painaa juuri saman verran kuin toisessa vaakakupissa olevat painot. Edelleen on tässä pumpu, jolla voimme puristaa ilmaa kuparipulloon. Nyt puristamme pulloon määrätyn tilavuuden, jonka voimme mitata pumpun männällä. Pumpuamme nyt 20 selaista tilavuutta ilmaa pulloon. — Näin! Nyt suljemme hanan ja asetamme pullon vaa'alle. Katsokaa, kuinka se painuu! Se on nyt tullut tuntuvasti raskaammaksi, ja mistä syystä? Sen ilman painosta, jonka pumpulla pusersimme sinne. Siellä on ainoastaan ilmaa, ja tilavuudeltaan on siellä yhtä paljon ilmaa, mutta ilma on nyt raskaampaa, koska olemme puristaneet sen kokoon. Että saisitte nähdä, kuinka suuren tilan kokoon puristettu ilma ottaa, on minulla tässä vettä sisältävä pullo, jonka suu sopii juuri kuparipulloon ja joka samoin on hanalla varustettu. Minä kierrän pullot huolellisesti yhteen ja avaan hanat, niin 20 pumpunvedolla puristettu ilma voi siirtyä lasipulloon ja vapaasti levitä entiseen kokoonsa ajaen tästä veden pois. Jotta varmasti tietäisimme, että olemme tehneet kokeemme oikein, asetamme kuparipullon uudelleen vaa'alle; jos se nytkin painaa yhtä paljon kuin toisessa kupissa olevat painot, jotka ovat samat kuin ennenkin, niin on kokeemme oikein toimitettu. Näette, että vaaka on tasapainossa. Tällä tavoin voimme mitata ilmamäärän painon, jonka olemme puristaneet pulloon, ja siitä voimme määrätä kuutiometrin painavan 1293 grammaa. Kuitenkaan ei tällainen pieni koe voi teille selvittää



Kuva 26.
Ilman puristaminen kuparipulloon.



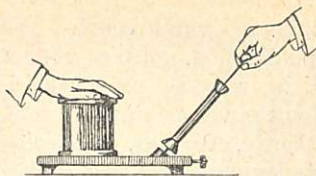
Kuva 27.
Puristetun ilman leviäminen kuparipullostsa vesiastian.

tämän asian koko merkitystä. On tosiaankin ihmeellistä, kuinka paljon selvemmäksi asia tulee, kun toimitetaan tällaisia kokeita suuremmilla ilmamäärillä. Tämä ilmamäärä — siinä on yksi litra — ei paina $1\frac{1}{2}$ grammaa. Kuinka paljon luulette painavan tuon arkullisen ilmaa, jonka olen tätä tarkoitusta varten teettänyt? Ilma siinä painaa juuri naulan, kokonaisen naulan. Myös tässä huoneessa olevan ilman painon olen laskenut; se painaa — tuskin voitte arvata — sillä se painaa todella enemmän kuin tonnin (s. o. 1000 kiloa). Näette, että luvut kasvavat tavattomasti, ja siitä ymmärrätte, miten suuri merkitys ilmalla ja sen aineosilla hapella ja tyrellä on, ja miten suurta hyötyä se meille tuottaa, kuljettamalla aineita paikasta toiseen, ja viemällä vahingolliset aineet sinne, missä ne vahingoittamisen sijasta hyödyttävät.

Kun nyt olemme lyhyesti tarkastaneet ilman painoa, teemme siitä muutamia johtopäätöksiä, joita tarvitsette voidaksenne ymmärtää useita asioita, joihin vielä tulemme. Oletteko ehkä joskus nähneet kokeen, joka näyttää ilman painon suuruutta?—Otan samanlaisen pumpun, kuin se on, jolla äsken pusersin ilmaa kuparipulloon, ja liitän siihen koneen, jonka aukon voin kädellä peittää. Voimme niin helposti liikuttaa kättämme vapaassa ilmassa edestakaisin, että tuskin uskomme liikkumisen tiellä olevan mitään; liikkeen täytyy olla hyvin kiivasta, että voisi huomata ilman vastustuksen. Mutta kun aseptan käteni tähän ilmapumpun resipientille (lasikuvulle), ja pumppuan ilman pois — näette, mitä tapahtuu! Miksi on käteni tarttunut koneeseen niin, että voin nostaa ilmaan koko pumpun, vaikka en pidäkään siitä yhtään kiinni? Katsokaa, tuskin saan kättäni siitä irti. Mikä on syynä siihen. Se on paino, ilman paine — päällä olevan ilmakerroksen paino painaa niin kovasti kättäni alla olevaa tyhjää paikkaa vasten.

Teen vielä toisenkin kokeen, joka selittää tämän teille vielä paremmin. Tähän lieriöön on sidottu pingoitettu

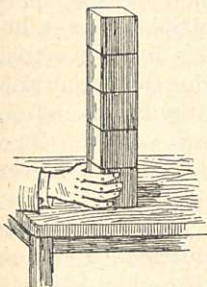
sianrakko; asetan lieriön ilmapumpun alle ja pumpun ilman pois siitä — heti saatte nähdä seurauksen siitä; nyt on rakko suoraksi pingoittunut; mutta jos hiukan käytän pumppua — näette, kuinka se vajoaa sisään, kuin painettaisi sitä alas.



Kuva 28.

Ilma painaa käden kiinni ilmatyhjään resipienttiin.

Näette, kuinka se painuu alemma ja alemma, kunnes se luultavasti lopuksi sitä painavan ilman voimasta särkyy. (Rakko särkyy lopuksi kovasti paukahtaen.) Tämä tapahtui yksinomaan päällä olevan ilman painon vaikutuksesta, ja tämä lopputulos on hyvin ymmärrettävä. Voimme ajatella ilmakerrokset asetetuiksi päällekkäin, kuten nämä viisi kuutiota. Nyt näette, että viides alinna oleva kannattaa neljää ylempänä olevaa ja, jos se otetaan pois, täytyy niiden painua alemma. Juuri samoin on laita ilmakehässä. Alimmat ilmakerrokset kannattavat ylempiä ja, kun tämä alin kerros pumputaan pois, seuraa siitä ilmiöitä, jotka huomasitte minun resipientillä olleesta kädestäni



Kuva 29.

Viisi kuutiota, joiden avulla voi käsittää ilman paineen.

ja rakon halkeamisesta ja jotka nyt saatte vielä selvemmin nähdä. Tämän astian yli olen pingoittanut kumilevyn ja pumppuan ilman pois. Tällä kalvolla, joka erottaa alemman ilmakerroksen ylempistä, voitte selvästi havaita tämän paineen. Nyt se on painunut niin sisään, että jo saan sen mukana pannuksi koko käteni astiaan. Ja tämän vaikuttaa ainoastaan ylempien ilmakerrosten paino.

Tässä on minulla pieni laite, jolla luennon jälestä voitte koettaa voi-

mianne vetämisessä. Siinä on kaksi messinkistä puolipalloa, joitten reunat sopivat tarkkaan vastakkain; toisessa on putki, jossa on hana, niin että sen kautta voi pumputa ilman pois ja sitten sulkea hanan. Näette, että nyt, kun siellä on ilmaa, voi helposti ottaa molemmat puoliskot erilleen. Mutta kun pumppuamme ilman pois, niin saatte nähdä, ettei kaksi teistä voi kaikin voiminkaan vetämällä saada niitä erilleen. Joka neliö-senttimetri suljetun ja tyhjäksi pumputun pallon pintaa vastaa 1 kilon painoa, ja saatte sitten koetella voimianne, pääsettekö tämän ilman paineen herroiksi.

Tässä on toinen hupainen kappale — lapsen tutti, ainoastaan tieteen hiukan parantama. Nuorisolla, sellaisella kuin me olemme, on täysi oikeus tehdä leikkikalut tieteellisen tutkimuksen esineiksi, niinkuin usein tieteestä tehdään leikkikalua. Tässä on siis kuminen tutti. Kun lyön sen pöytään, näette, että se seisoo siinä lujasti pystyssä. Minkätähden? Minä voin kuljettaa sitä pitkin pöytää; mutta jos nostan sen ylös näyttää se vetävän pöytää mukanaan; voin helposti siirtää sen paikasta toiseen, mutta ainoastaan pöydän reunalta voin ottaa sen pois. Tätä tuttia pitää ainoastaan ilman paine niin lujasti kiinni. Tässä on niitä enemmän; ottakaapa pari ja painakaa niitä vastakkain! Saatte nähdä, kuinka lujasti ne yhtyvät toisiinsa. Niitä voisikin hyvin käyttää siihen tarkoitukseen, johon niitä on ehdotettu, nimittäin ikkunoihin tai sileihin seiniin kiinnitettäväksi nauloiksi, joihin voidaan ripustaa kaikenlaisia pieniä esineitä. Koko päivän pysyisivät ne paikoillaan. Tiedän, että lapset erittäin mielellään näkevät sellaisia kokeita, joita voivat sitten kotonaan tehdä, ja siksi näytän teille vielä erään hupaisen kokeen ilmanpaineen osoittamiseksi. Tässä on täysi vesilasi; kun kysyn teiltä, voitteko niin kääntää lasin ylös alaisin, ettei vesi juokse siitä pois, vaikka ette sitä kädellänne pitele — ainoastaan ilmanpaine pitää sitä siellä — voisitteko tehdä sen? Ottakaa lasi, joka on

täynnä tai puolillaan vettä, peittäkää se sileällä paperipalalla, kääntäkää varovasti ylösalaisin, kuten minä nyt, ja tarkastakaa nyt, kuinka paperille ja vedelle käy. Ilma ei pääse sinne, koska vesi hiuspillivoiman vaikutuksesta pitää ylt' ympäri paperia lujasti lasissa kiinni. Ja vesi ei pääse pois, sen tähden että ulkoilman paine pitää sen siellä.

Toivon, että kaiken tämän kautta olette saaneet oikean käsityksen ilman painosta ja siis myös siitä, että ilma on ainetta. Ja kun sanon, että tuossa arkussa on kilo ja tässä huoneessa enemmän kuin tonni ilmaa, niin käsitätte hyvin, että ilma on aika raskasta ainetta. Teen vielä muutaman kokeen osoittaakseni ilman vastustuskykyä. Jokainen teistä tuntee ilmapyssyn, joita niin helposti voi tehdä sulkakynistä tai muista putkipalasisista. Peruna- tai omenaviipaleesta otetaan siihen tulppa, kuten nyt teen, ja työnnetään toiseen päähän, niin että reikä tarkkaan sulkeutuu. Sitten otetaan samalla tavoin toinen pala ja työnnetään se putkeen. Silloin on ilma putkessa täydellisesti suljettu, niinkuin tarkoituksemme tarvitaan. Nyt huomataan, ettei mikään voima voi painaa näitä kahta tulppea aivan yhteen; se on sula mahdollisuus. Määrättyyn kohtaan asti voi ilmaa puristaa kokoon, mutta jo kauan ennen kuin tulpat koskevat toisiinsa, työntää puristettu ilma toisen tulpan paukauksella putkesta. Vaikutus on samanlainen kuin ruudin, jonka voima riippuu osaksi samasta asianhaarasta, jonka olen tässä esittänyt.

Äskettäin näin kokeen, joka minua miellytti ja jota heti ajattelin käyttää tällä kertaa. Tosin olisi minun, ollakseni varma tuloksesta, pitänyt olla muutamia minuutteja ääneti, ennenkuin ryhdyn kokeen tekoon, sillä keuhkoilla on päätehtävä tässä kokeessa. Olisi tarkoitus puhaltamalla saada tämä muna munakupista toiseen; en kuitenkaan tiedä varmaan onnistunko, koska olen puhunut siksi paljon, niin että minulla on hyvä syy, jos en tässä onnistu.

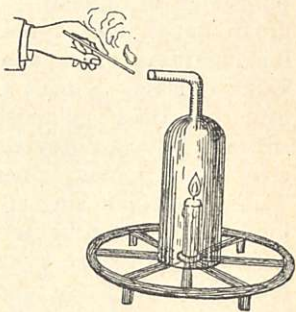
(Esitelemöitsijä tekee kokeen, ja hänen onnistuu puhalttaa muna kupista toiseen.)

Näette, että ilma tunkeutuu alas munan ja kupin reunan välitse ja painaa munaa alhaalta niin, että se kohoittaa munan ylös, vaikka täysi muna on hyvin raskas ilmaan verrattuna. Kun tahdotte tehdä tämän kokeen, niin on viisainta ensin keittää muna kovaksi; silloin voitte rauhassa koettaa sitä puhalttaa kupista toiseen ja, kun olette varovaisia, onnistutte siinä kyllä.

Riittääköön jo ilman paineesta ja painosta, teidän on opittava vielä muutamia sen tärkeitä ominaisuuksia. Näitte jo ilmapyryssä, kuinka voin toisen tulpan painaa $\frac{1}{2}$ tai $\frac{3}{4}$ tuuman päähän toisesta, ennenkuin se lensi ulos, siis että suljettua ilmaa voidaan puristaa määrättyyn määrään; samaten näitte, että ilmaa voi puristaa kuparipullossa huomattavan määrän. Tämä johtuu eräästä ilman merkillisestä ominaisuudesta, sen *kimmoavaisuudesta*. Koetan selittää tämän ilman ominaisuuden teille mahdollisimman hyvin. Tällainen kumirakko, joka tässä on, sopii hyvin tähän tarkoitukseen. Se on ilmanpitävä, se ei laske ilmaa ulos eikä sisään, mutta se voi laajeta ja uudelleen kutistua, niin että se mukautuu sen sisään suljetun ilman mukaan ja voi sillä tavalla olla sen kimmoavaisuuden mittana. Näette, että nyt veltossa rakossa on ainoastaan vähän ilmaa. Sidon sen suun lujasti kiinni ja panen sen ilmapumpun kuvun alle ja pumppuan tästä ilman pois, poistan siis ulkoilman paineen rakossa olevaan ilmaan. Näette, kuinka se pullistuu ja pullistuu yhä laajemmaksi ja laajemmaksi, kunnes se täyttää koko kuvun sisustan. Ja jos nyt lasken taas ilmaa kupuun, niin kutistuu ilma rakossakin alkuperäiseen tilaansa. Tämä osoittaa meille selvästi sen ihmeellisen ilman ominaisuuden, jota sanotaan kimmoavaisuudeksi. Tämän vaikutuksesta voi se puristua kokoon ja taas laajeta, ja juuri tämän kautta se on niin sopivaa tarkoitukseensa luonnon taloudessa.

Nyt tulemme uuteen, tärkeään osaan tutkimustamme. Muistamme, mitä olemme palavasta kynttilästä jo tutkineet. Näimme, että siinä palaessa muodostui eri aineita, ja huomasimme, että se sisälsi hiiltä nokena, vettä ja vielä jotakin muuta, jota vielä emme ole tutkineet. Vettä kokosimme, mutta muiden palamistulosten annoimme hajaantua ilmaan. Näitä täytyy meidän nyt ruveta tutkimaan.

Tässä on laite, joka meitä auttaa tutkimuksessamme. Kynttilän asetamme keskelle tätä jalustaa ja sen yli tämän lasisen savutorven — näin! Kynttilä palaa kauniisti edelleen, sillä ilma pääsee esteettömästi kulkemaan sekä ylhäältä että alhaalta. Ensiksi huomaatte meille tutun ilmiön, että lasiseinämät tulevat kosteiksi — se on vettä, joksi kynttilässä muodostuva vety yhtyy ilman hapen kanssa. Mutta sitä paitsi kohoaa siitä jotain muuta: se ei ole kosteutta eikä vettä, se ei tiivisty ja sillä on sitä paitsi merkillisiä ominaisuuksia. Pidän liekkiä savutorven aukon kohdalla ja te voitte nähdä, että ulosvirtaava ilma melkein sammuttaa sen, ja kun asetan sen kokonaan virran vaikutuksen alaiseksi, näette, että se sammuu kokonaan. Te sanotte: niin käy kuin pitikin; ja minä luulen, että ajattelette: niinhän sen täytyy olla, koska ilmasta, joka kerran on palamiseen käytetty, jää ainoastaan typpeä, ja typpi ei ylläpidä palamista, siis täytyy tikun sammua. Hyvä: mutta eikö siinä voisi olla muutakin kuin typpeä? Tässä täytyy minun kai vähän mennä kokeitten edelle, se on, minun täytyy ottaa laajemmasta tietovarastostani keinoja, joitten avulla



Kuva 30.
Kynttilän palamisesta syntynyt
kaasu sammuttaa liekin,

voimme tällaisia tehtäviä ratkaista ja sellaisia kaasuja, kuin tässä on, tutkia. Siis otan tyhjän pullon, pidän sitä savutorvemme edessä ja kokoan siihen kynttilän palamistulokset; ja kohta pääsemme selville siitä, että kootut kaasut eivät ainoastaan haittaa palamista — näette, kuinka vahakynttilä siinä heti sammuu — vaan että niillä on myös aivan toisia ominaisuuksia.

Otan hiukan sammuttamatonta kalkkia ja kaadan siihen tavallista vettä, sekoitan hiukan, kaadan sitten seoksen paperisiivilällä varustettuun suppiloon, ja kohta juoksee siitä aivan kirkasta vettä alla olevaan pulloon, kuten näette. Minulla on tosin täällä koko pullollinen tätä vettä — kalkkivettä — valmiina, jota olisin yhtä hyvin voinut käyttää; mutta te tiedätte, että minä tahdon tehdä tutkimukseni aineilla, joiden olette omin silmin nähneet syntyvän. Tätä kauniin kirkasta kalkkivettä kaadan hiukan pulloon, johon olemme koonneet ilmaa kynttilästä, ja nyt näette, mikä muutos siinä tapahtuu! Katsokaa, miten kalkkivesi on tullut aivan maidon valkoiseksi! Huomatkaa, nyt näytän, ettei niin tapahdu paljaassa ilmassa. Tässä pullossa ei ole, kuten näette, muuta kuin ilmaa; kaadan kalkkivettä siihen ja pudistelen sitä lujasti — vesi pysyy aivan kirkkaana; ei ilman happi, eikä typpi, eikä muukaan näin pienessä ilmamäärässä oleva aine saa aikaan tuota muutosta kalkkivedessä. Samaa kalkkivesipulloa pidän nyt niin, että kynttilän palamiskaasut johtuvat savutorvesta siihen ja tulevat yhteyteen kalkkiveden kanssa — näette, ettei kestä kauan, ennenkuin se tulee maitomaiseksi. Tämä valkoinen aine ei ole voinut muodostua muusta kuin kalkkiveteen käytetystä kalkista ja jostain muusta aineesta, joka tulee kynttilästä — tuosta toisesta palamistuloksesta, josta juuri tahdomme päästä selville ja josta tänään tahdon teille puhua. Tähän saakka olemme tienneet sen olemassaolosta ainoastaan sen nojalla, mitä se vaikuttaa kalkkiveteen, joka vaikutus oli meille uutta

ja jota ei, niinkuin olemme nähneet, vaikuta happi, typpi eikä vesi. Tällä valkealla jauholla, joka syntyy kalkkivedestä ja kynttilän palamiskaasuista, on nähtävästi aivan liidun ominaisuudet; ja jos sitä lähemmin tarkastetaan, huomataan, että se on juuri samaa ainetta kuin liitukin. Näin olemme, koettaessamme oppia tuntemaan niin jokapäiväistä ilmiötä kuin kynttilän palaminen on, äkkiä saaneet selville, miten liitua syntyy, ja olemme, tarkasti ottamalla vaarin kaikista asianhaaroista koekessamme, oppineet tuntemaan sen syntymisehdot. Kun liitua (parhaiten hiukan kostutettua) kovasti kuumennetaan, muuttuu se poltetuksi kalkiksi; silloin täytyy siis toisen aineosan, jota kalkissa ei ole, haihtua, ja itse asiassa näin tapahtuukin. Liitua ja kalkkia poltettaissa haihtuu samaa kaasua, jota kynttilän palaessa syntyy, ja joka yhtyessään kalkkiin muodostaa uudelleen liitua.

Valmistaaksemme suuremmassa määrässä tätä kaasua, jota sanotaan *hiilihapoksi*, ja oppiaksemme sen ominaisuuksia tuntemaan, käytämme paljon mukavampaa keinoa. Hiilihappoa on luonnossa suuret määrät monissa paikoin, joista sitä ei arvaisi etsiäkään. Kaikki kalkkikivi sisältää samaa kaasua, jota tässä olemme huomanneet kehittyvän kynttilästä; kaikki kalkki- ja liituvuoret, kaikki näkinkengät, korallit ja muut semmoiset sisältävät suuria määriä hiilihappoa. Tätä ihmeellistä kaasua löytyy niin kovissa vuorilajeissa kuin marmori ja kalkki, se on niissä kokonaan menettänyt ilmamaisen luonteensa ja saanut täydellisesti kiinteän kappaleen ominaisuudet — sentähden sitä onkin sanottu »kiinteäksi ilmaksi».

Marmorista voimme aivan helposti valmistaa *hiilihappoa*. Tässä on astiassa suolahappoa ja sen yläpuolella, kuten kynttilä teille näyttää, ilmaa; näette, että vien kynttilän pohjaan asti — astiassa ei ole muuta kuin suolahappoa ja ilmaa. Tässä on marmorია, kauneinta ja hienointa lajia, ja siitä panen nyt kappaleita tähän astiaan — heti alkaa nähtävästi voimakas kiehuminen.

Mutta se, mitä sieltä kohoaa, ei ole vesihöyryä, vaan kaasua, jolla on, kuten näette, aivan sama vaikutus siinä pitämääni kynttilään, kuin kynttilän savutorvesta kohoavalla kaasulla — liekki sammuu, ja meillä on tässä saman kaasun vaikuttama samanlainen ilmiö. Tällä tavoin voimme valmistaa suuremmissa määrässä hiilihappoa — nyt on jo astiamme aivan täynnä sitä. (Tämä näytetään siten, että palava tikku sammuu heti, kun se on astiaan pistetty.)

Mutta kaasua ei ole ainoastaan marmorissa. Tähän astiaan olen tehnyt liitulietettä — siis liitua, jonka olen veden avulla vapauttanut karkeista osista, jolloin se tulee sopivaksi kipsirappaukseen ja sentapaisiin töihin. Suuressa astiassa on liitulietettä ja vettä, ja tässä on väkevöityä rikkihappoa, joka on sopivaa tähän kokeeseen, sillä ainoastaan rikkihapon kanssa muodostaa kalkkihiilihaposta vapuduttuaan liukenemattoman yhdistyksen, jota vastoin se suolahapon kanssa muodostaa, kuten olette nähneet, liukenevan yhdistyksen, joka ei saosta vettä. Kohta näette, miksi tällä tavoin menettelen kokeessamme. Kotonanne voitte sitten helposti pienessä mitassa tehdä sitä, mitä minä täällä teen suuressa määrässä. Meillä on tässä taas aivan sama ilmiö kuin suolahapon vaikuttaessa marmorisiin; suuressa astiassa kehitän hiilihappoa ja kaikki kokeinot osoittavat sen olevan samaa, mitä saimme kynttilän palaessa vapaassa ilmassa. Niin erilaisilta kuin nämä valmistuskeinot näyttävätkin — tulos on aivan sama, molemmilla tavoin saadaan samaa — hiilihappoa.

Jatkakaamme sitten tämän kaasun tutkimista oppiaksemme sitä lähemmin tuntemaan. (Sillä välin on muutamia lieriöitä täytetty vedessä tällä kaasulla.) Tässä on astia täynnä hiilihappoa, ja koetamme, kuten ennenkin kaasuja tutkiessamme, kuinka se suhtautuu palamiseen. Palavaa se ei ole, sen näette, ja yhtä vähän ylläpitää se palamista. (Palava, kaasuun pistetty kynttilä sam-

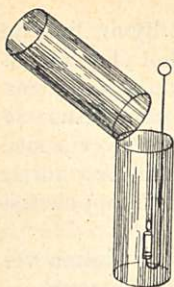
muu, ja kaasua ei syty.) Ei se myöskään hyvin liukene veteen, sillä olemmehan koonneet sitä veden yläpuolella. Edelleen olemme jo ennen nähneet, kuinka se vaikuttaa kalkkiveteen, että se muodostaa sen kanssa liitua; se on liidun aineosa. Liitua sanotaankin syystä, että sitä muodostuu hiilihaposta ja kalkista — samoin marmoria, kalkkikiveä, korallia j. n. e. — myös hiilihappoiseksi kalkiksi.

Mutta ensiksi näytän nyt teille, että se on hiukan veteen liukeavaa ja eroaa siis siinä suhteessa hapesta ja vedystä. Tässä on kone, jossa voimme liuottamisen toimittaa. Koneen alemmassa osassa on marmori ja happo, ylemmässä kylmää vettä, ja, kuten näette, ovat molemmat niin yhdistetyt, että muodostunut kaasu pääsee astiasta toiseen. Kun nyt asetan koneen toimintaan, niin näette kaasun kuplina kohoavan veden läpi. Sitä on jo ennen jonkun aikaa tapahtunut, ja nyt saamme nähdä, että jotakin siitä on liuonnut veteen. Otan hiukan vettä ja maistan sitä — se maistuu hapahkolta, siinä on hiilihappoa; mutta tiedätte, kuinka kemiallisesti näytetään hiilihapon olemassaolo, tiedätte, että kalkkivesi on varma tuntomerkki hiilihapolle — kaadan siis tähän sitä ja näette, että se heti tulee sameaksi ja valkoiseksi.

Edellä olen kertonut, että hiilihappo on raskasta kaasua, raskaampaa kuin ilma. Vertailun vuoksi kirjoitan tähän kaikkien tutkimaimme kaasujen painot:

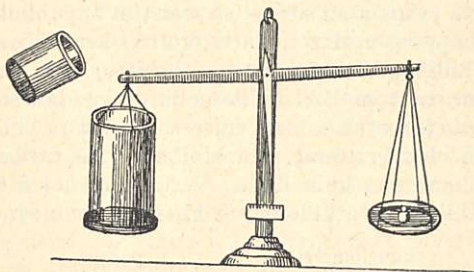
1 kuutiometri	painaa
vetyä	89 grammaa
happea	1429 „
typpeä	1251 „
ilmaa	1293 „
hiilihappoa	1977 „

Siis painaa kuutiometri hiilihappoa melkein kaksi kiloa. Tämän kaasun painon voi osoittaa useammalla kekeellä. Otan esim. lasin, jossa on ainoastaan ilmaa, ja



Kuva 31.
Hiilihappoa kaadetaan astiasta toiseen, jossa se sammuttaa kynttilän.

koetan sitten kaataa siihen hiilihappoa tuosta, joka on sitä täynnä; ja nyt haluan tietää, tuliko siihen mitään vai ei. Silmillä ei sitä voi huomata, mutta kyllä kynttilän palaminen sen osoittaa. Siinä sen näette; liekki sammuu heti, kun kaadan kaasua alempaan astiaan. Selvemmin vielä näytän teille hiilihapon olon tässä, antamalla sen vaikuttaa kalkkiveteen, jonka jo niin usein olette nähneet. Nyt lasken kerran tuon pikku ämpäriin hiilihappokaivoomme — ikävä kyllä on liiankin usein olemassa todellisia hiilihappokaivoja — ja kun hiilihappoa on siellä alhaalla, täyttyy ämpäri sillä, kuin olisi se vettä; vedämme sen jälleen ylös ja koetamme sen sisällystä kynttilällämme, ja siinäpä se on — se on täynnä hiilihappoa.



Kuva 32.
Vaa'an vasen puoli painuu alas, kun siinä olevaan astiaan kaadetaan hiilihappoa.

Vielä silmäänpistävämmiin tulee hiilihapon paino vaakakokeella näkyviin. Toiseen vaakakuppiin olen asettanut lasin ja toiseen painoja, kunnes vaaka on tullut tasapainoon. Nyt kaadan tämän hiilihappoa sisältävän lasin vaa'alla olevaan astiaan, jossa on ainoastaan ilmaa, ja

näette, kuinka se heti painuu. Nytkään en jätä tekemättä kynttilätutkimusta — näemme, ettei se voi palaa vaa'alla olevassa astiassa, tiedämme siis, että siinä todellakin on hiilihappoa.

Jos puhallan saippuakuplan, tietysti tavallisella ilmalla, ja annan sen pudota tähän hiilihappoastiaan, niin uiskentelee se siinä. Mutta otan ensiksi pienen ilmalla täytetyn pallon. Panen sen tähän osaksi hiilihapolla täytettyyn astiaan. Se ui hiilihapon pinnalla, ja siitä voimme päättää, miten paljon astiassa on kaasua. Jos kaadan lisää kaasua, kohoaa pallo. Nyt on astia melkein täynnä sitä; ja nyt tahdon nähdä, voinko puhaltaa saippuakuplan ja antaa sen uiskennellä siinä. (Esitelemöitsijä puhaltaa saippuakuplan, antaa sen pudota hiilihappoa sisältävään astiaan ja se uiskentelee sen keskuksessa.) Se ui kuten pallo äsken, koska hiilihappo on ilmaa raskaampaa.

Nyt olemme oppineet tuntemaan hiilihapon ja sekä sen muodostumisen kynttilästä tai marmorista että sen fysikaaliset ominaisuudet, erittäinkin sen raskauden; ensi kerralla aijon näyttää teille, miten se on kokoonpantu s. o. mitä alkuaineita siinä on.

Kuudes luento.

Hiilihapon kemiallinen kokoomus. Sen muodostuminen hiilen palaessa. Sen aineosien suhde. Hiilihapon hajoittaminen alkuaineisiinsa. Hiilihapon muodostuminen puun ja valokaasun palaessa. Aineitten kiinteät ja kaasumaiset palamistulokset. — Hengitys. Ravintoaineen hiilipitoisuus. Ruumiinlämpö. Eläin- ja kasvikunnan vuorovaikutus. — Lämmön vaikutus kemiallisiin ilmiöihin.

Eräälle naiselle, joka kunnioittaa näitä luentojani läsnäolollaan, olen joutunut vielä suurempaan kiitollisuuden velkaan sen kautta, että hän on lähettänyt minulle nämä kynttilät. Ne ovat jaappanilaisia ja luultavasti samaa ainetta, jota jo ensi luennolla näytin, niin sanottua jaappanilaista vahaa. Näette, että ne ovat vielä sievempimuotoisia ja koristellumpia kuin ne ranskalaiset kynttilät, jotka myös silloin näytin, ja koko niiden ulkomuodon nojalla voisi niitä nimittää todellisiksi ylellisyyskynttilöiksi. Sitä paitsi on niillä merkillinen ominaisuus, onnto sydän, — niille on siis tehty sama erinomainen parannus, jonka Argand sovitti lamppuun ja jolla hän huomattavasti korotti sen arvoa. Se, joka usein on saanut lähetyksiä kaukaisesta Idästä, on huomannut, että tällaisille esineille tulee himmeä, kiilloton pinta; mutta on erittäin helppoa saada niille alkuperäinen kauneutensa ja tuore pinta; tarvitsee vaan hangata niitä puhtaalla silkkiinalla, siis silittää epätasaisuudet ja kalseudet niiden ulkopinnalta. Toisen näistä kynttilöistä olen niin puhdistanut, ja epäilemättä huomaatte,

miten suuresti se eroaa tästä toisesta, jonka myös luonnollisesti olisin voinut samoin silittää. Sitä paitsi on näillä jaappanilaisilla kynttilöillä toinen huomattava ominaisuus, että ne ovat paljoa enemmän keilan muotoisia, kuin mitä meillä käytetään.

Viime luennossani kerroin teille jo enemmänkin hiilihaposta. Erikoisesti huomautin sen vaikutuksesta kalkkiveteen, jonka valmistuksen teille näytin, niin että itsekin voitte sitä valmistaa. Muistatte, kuinka palavasta kynttilästä astiaan koottu ilma eroitti kalkkivedestä valkean sakan, ja että tämä sakka oli samaa kalkkia, jota on näkinkengissä, koralleissa sekä useissa vuorilajeissa ja kivennäisissä. Sen erikoisesta kemiallisesta luonteesta en ole puhunut vielä laveammin ja tarpeeksi tarkkaan, ja sentähden täytyy minun nyt ryhtyä siihen aineeseen.

Kuten vettä, jonka huomasimme yhdeksi kynttilän palamistuloksista ja hajoitimme alkuaineisiinsa, täytyy meidän nyt tutkia kynttilästä kehittyneen hiilihapon eri aineosia, ja kokeilla me tälläkin kerralla pääsemme tarkoituksemme perille.

Muistatte, että huonosti palavassa kynttilässä muodostuu nokea, mutta hyvästi palavassa sitä ei nähdä. Tiedätte myös, että kynttilänliekin kirkkaus riippuu juuri noesta, joka aluksi hehkuu ja lopuksi palaa. Olen valmistanut kokeen, josta selvästi näkyy, kuinka loistavan kirkkaaksi liekki tulee, jos kaikki hiiliosat hehkuvat ja palavat jo siinä, niin ettei siitä kohoa mitään mustia hiutaleita. Poltan tavattoman hyvin palavaa ainetta, tärpättiä, johon tämä sieni on kastettu. Näette, kuinka nokea pilvinä lähtee liekistä ja kuinka sitä joukottain liitelee ilmassa! Nyt sanon: tällaisesta noesta, tällaisesta hiilestä syntyy hiilihappo, jota kynttilästä saimme. Sen tahdon nyt teille näyttää. Panen tärpättiin kastetun sienен happea täynnä olevaan astiaan, ja tästä näette, kuinka erinomaisesti liekki loistaa, ja että

kaikki noki häviää täydellisesti. Tämä on kokeemme toinen puoli. Mitä siitä päätämme?

Hiili, jonka juuri näitte kohoavan ilmaan tärpätti-
liekistä, on siis kokonaan palanut hapessa, ja huomaam-
me, että tämä nopea, raju ilmiö antoi aivan saman tu-
loksen, jonka kynttilän rauhallinen palaminen synnyttää.
(Pulloon, jossa tärpättiä poltettiin hapessa, kaade-
taan kalkkivettä, joka pudistettaessa tulee hyvin sa-
meaksi.) Näytin teille tämän kokeen, vaikka sen tu-
loksen saatoitte edeltäpäin arvata, siksi että tutkimuk-
semme kulku olisi joka askeleella teille niin selvä, ettei
teidän silmänräpäyksikään tarvitse kadottaa johta-
vaa lankaa, kun vaan tarkasti seuraatte mukana.

Kaikki hiili, joka palaa ilmassa tai puhtaassa hapessa,
poistuu liekistä hiilihappona. Mutta niissä osasissa,
jotka eivät ole tällä lailla palaneet, näkyy hiilihapon
toinen aineosa, hiili, tuo aine, joka tekee liekin niin kirk-
kaaksi, kun se saa tarpeeksi happea palaakseen, mutta
joka osaksi erkanee palamattomana, kun ei liekillä ole
tarpeeksi happea sitä polttamaan.

Jotta saisin teidät vielä paremmin ymmärtämään
tämän hiilen ja hapen yhtymisen hiilihapoksi, johon
nyt pystytte paremmin kuin ennen, olen valmistanut
muutamia kokeita. Tämä astia on täynnä happea ja
tässä on hiiltä, jonka ensin kuumennan sulattimessa
hehkuvaksi. Huomautan heti edeltäpäin, että tällä
kertaa uskallan esittää teille epätäydellisen tuloksen;
mutta se tapahtuu vaan tehdäkseni kokeen teille sel-
vemmäksi. Nyt asetan hiilen hapen yhteyteen. Että
tämä hiili on tavallista hienonnettua puuhiiltä, voitte
nähdä tavasta, jolla se palaa ilmassa. (Samalla antaa
hän pudota hiukan hehkuvaa hiiltä sulattimesta.) Nyt
poltan sitä hapessa; tarkatkaa eroitusta. Niin kaukaa
näyttää teistä ehkä siltä kuin palaisi se yhdellä liekillä;
mutta niin ei ole laita. Jokainen hiilipalanen palaa ku-
ten kipinä, ja palaessaan se muodostaa hiilihappoa.

Myös tahdoin tehdä nämä pari koetta juuri siksi, että ne silmäänpistävästi näyttävät sen, mistä myöhemmin lähemmin puhun, että hiili palaa juuri *tällä tavalla* eikä liekillä.

Mutta monen pienen hiilihitusen sijasta tahdon nyt polttaa yhden suuremman kappaleen hiiltä, jonka muodon ja koon palamisen aikana voitte selvästi erottaa. Silloin voitte koko ilmiön paremmin huomata. Tässä on happiastia ja tuossa hiilipala, johon olen kiinnittänyt lastun palasen; sen voin sytyttää ja niin saada alkuun palamisen, joka muuten voisi tuottaa vaikeuksia. Tässä nyt näette hiilen palavan, mutta ei liekillä (tai jos huomaisitte pienen liekin, on se joka tapauksessa hyvin pieni; se johtuu siitä, että palaessa muodostuu ohimenevästi omituista ainetta, hiilioksidia, hiilen pinnalle). Palaminen käy tällä kertaa hitaasti, niin kuin näette, ja vähitellen syntyy hiilen yhtymisestä happeen hiilihappoa. Tässä on toinen hiilipala, kaarnahiiltä, jonka omituisuutena on hajoilla palaessa kappaleihin, räjähdellä. Kuumuus hajoittaa tämän hiilipalan yksityisiin kappaleihin, jotka lentelevät ilmaan; samalla palaa jokainen osa kuten koko kappalekin tuolla omituisella tavalla — se palaa kuten hiilikin ilman liekkiä. Huomaatte, että tapahtuu joukko pikku palamisia, mutta liekkiä ette näe. En tiedä kauniimpaa koetta kuin tämä, jolla voidaan näyttää, että hiili palaa ainoastaan hehkumalla.

Tässä näemme siis hiilihappoa muodostuvan sen alkuaineista. Jos tutkimme sitä kalkkivedellä, niin huomaamme, että meillä on samaa ainetta, jota jo ennen olen teille kuvannut. Kun 6 paino-osaa hiiltä (joko kynttilän liekistä tahi jauhetusta hiilestä) ja 16 paino-osaa happea yhtyvät, saamme 22 osaa hiilihappoa; ja 22 osaa hiilihappoa ja 28 osaa kalkkia antavat 50 osaa hiilihapoista kalkkia. Jos tutkutte osterinkuoria ja punnitsette niiden aineosat, niin huomaatte, että 50 osaa niitä sisäl-

tää 6 osaa hiiltä ja 16 osaa happea yhtyneenä 28 osaan kalkkia. En kuitenkaan tahdo vaivata teitä tällaisilla yksityiskohdilla; pysymme mieluummin aineemme yleisessä luonteessa. Näette, miten hiili vähitellen häviää [esitelmöitsijä näyttää hiilipalasta, joka rauhallisesti palaa happiastiassa]. Voisitte sanoa, että hiili liukenee ympäröivään ilmaan. Jos siinä olisi aivan puhdasta hiiltä (jota muuten voimme helposti valmistaa), ei siitä jäisi mitään jäljelle; aivan puhtaasta hiilestä ei jää olenkaan tuhkaa.

Hiili on kiinteä aine, jonka kiinteyttä ei kuumuus yksinään voi järkyttää; mutta palaessa muuttuu se kaasuksi, jota ei tavallisissa oloissa voi tiivistää kiinteään eikä juoksevaan muotoon. Ja vielä kummallisemmalta näyttää se seikka, että hapen tilavuus ei muutu sen yhtyessä hiileen; se muuttuu hiilihapoksi, ja tämä täyttää aivan yhtäsuuren tilan kuin happi, joka tarvitaan sen muodostamiseen.

Minun pitää näyttää teille vielä toinen koe, oikein selvittääkseni teille hiilihapon luonteen. Koska hiilihappo on yhdistetty aine, sehän sisältää hiiltä ja happea, täytyy meidän voida hajoittaa se aineosiinsa; ja niin voimmekin tehdä hiilihapolle yhtä hyvin kuin vedellekin. Yksinkertaisin ja lyhyin keino on antaa hiilihappoon vaikuttaa jonkun aineen, joka ottaa siitä itseensä hapen ja jättää hiilen jäljelle. Muistatte, kuinka paniin kaliumia veteen tai jäälle, ja näitte, että se voi eroittaa hapen vedystä. Koettakaamme nyt sen vaikutusta hiilihappoon. Tiedätte, että hiilihappo on raskasta kaasua. En tällä kertaa tahdo tutkia sitä kalkkivedellä, koska se ei sovi seuraavassa kokeessa, ja arvelen, että kaasun paino ja sen kyky sammuttaa liekki kyllin todistavat teille sen olemassa olon. Asetan liekin kaasuun, niin näette, että liekki sammuu. Ehkäpä sammuttaisi kaasu fosforinkin, jonka tiedätte kiivaasti palavan. Tässä on kappale fosforia, jonka minä kuumentamalla

sytytän. Panen sen kaasuun, niin se sammuu, mutta syttyy taas ilmassa ja palaa uudelleen. Kalium kykenee vaikuttamaan hiilihappoon jo tavallisessa lämmössä, mutta tämä vaikutus ei ole niin voimakas, kuin mitä tällä kertaa tarvitsemme, koska kaliumin ympärille heti muodostuu kerros, joka vaikeuttaa ilmiön jatkumista. Mutta jos lämmitämme sen niin, että se palaa ilmassa, kuten tietysti saamme tehdä, koska saman teimme fosforillekin, niin saatte nähdä, että se voi palaa hiilihapossakin. Sen palaminen tapahtuu siten, että se ottaa hiilihaposta hapen, niin että sitten saatte nähdä, mitä jäljelle jää. Poltan siis tätä kumennettua kaliumia hiilihapossa, näyttääkseni, että siinä on happea. [kuumennettaessa räjähtää kalium]. Usein tapahtuu, että huono kappale kaliumia räjähtää poltettaessa, tai on muuten tähän tarkoitukseen sopimaton. Otan siis toisen palasen; kun se on kuumentunut, asetan sen astiaan, ja näette, että se palaa hiilihapossa — ei niin hyvin kuin ilmassa, koska hiilihappo sitoo hapen sangen lujasti; mutta se palaa kuitenkin edelleen ja ottaa hapen pois. Jos nyt panen tämän kaliumipalasen veteen, huomaan, että (paitsi potaskaa, josta nyt emme välitä) on muodostunut hiukan hiiltä. Tässä olen voinut tehdä tämän kokeen vain hyvin ylimalkaisesti; mutta vakuutan teille, että jos tekisin sen huolellisesti ja käyttäisin siihen viiden minuutin sijasta koko päivän, saisimme koko joukon hiiltä siihen lusikkaan tai muuhun polttopaikkaan, jossa kalium paloi, niin ettei voisi olla epäilystäkään kokeemme tuloksesta. Tässä näette siis hiilihaposta eroitettua hiiltä tavallisessa mustassa muodossaan, ilmeisenä todistuksena siitä, että hiilihappo on hiilen ja hapen yhdistys. Ja nyt tarvinnee minun tuskin sanoa, että missä hiiltä tavallisissa olosuhteissa, s. o. kun tarpeeksi ilmaa löytyy, palaneekin, siinä syntyy aina hiilihappoa.

Tässä pullossa on kalkkivettä ja sen lisäksi ainoastaan ilmaa; jos panen sinne puupalan, niin saan kuinka tahansa puistella näitä kolmea ainetta sekaisin, vesi pysyy aina kirkkaana. Mutta jos poltan puupalan pullossa, kuten nyt teen, siis kalkkiveden päällä olevassa ilmassa — saankohan silloin hiilihappoakin, paitsi vettä, jota kuten tiedätte, silloin ainakin syntyy? Tässä näette: hiilihappoista kalkkia, jota voi ainoastaan hiilihaposta muodostua, alkaa ilmestyä veteen; hiilihappoa on siis muodostunut hiilestä, jota oli puussa, kuten aikaisemmissa tapauksissa kynttilästä tai muista palavista aineista. Te olette kaikki monta kertaa tehneet hyvin yksinkertaisen kokeen, jolla olette saaneet nähdä puussa olevan hiilen; jos sytytätte puupalasen, annatte sen osaksi palaa ja sitten sammutatte, niin näette jäljelle jäävän hiiltä. Kaikki hiilipitoiset aineet eivät yhtä helposti näytä hiiltään; ei kynttiläkään esim., vaikka hyvin tiedämme, että se sisältää hiiltä. Ette valokaasusakaan, joka muodostaa hyvin paljon hiilihappoa palaessaan, näe jälkeäkään hiilestä; mutta minä voin saada sen helposti näkyviin. Tässä on pullo täynnä valokaasua; sytytän sen, ja palaminen kestää niin kauan, kuin kaasua on pullossa. Hiiltä ette kyllä näe nyt, vaan ainoastaan liekin, mutta jo sen kirkkaudesta voitte entisten kokemustenne nojalla päättää, että siinä hehkuu ja palaa kiinteitä hiiliosasia. Samalla annan teidän oikein todella nähdä siinä hiiltä erään toisen ilmiön avulla. Tässä toisessa pullossa on samaa valokaasua sekoitettuna aineeseen, joka polttaa ainoastaan vedyn, vaan ei hiiltä *). Nyt sytytän kynttilällä seoksen, ja siinäpä sen näette, vety palaa, mutta hiili jää paksuna mustana savuna jäljelle. Luulen, että näitten kokeitten kautta olette oppineet näkemään hiilen liekissä ja samalla käsi-

*) Tämä aine on klooria, alkuainetta, jolla on suuri taipumus yhtyä vetyyn.

tätte, millaisia palamistulokset ovat, kun valokaasu tai muut hiilipitoiset aineet täydellisesti palavat ilmassa.

Mutta ennenkuin jätämme hiilen, teen vielä pari koetta, joiden kautta saamme vielä paremman käsityksen sen merkillisestä suhtautumisesta palamiseen. Olen näyttänyt teille, että hiili palaessaan vain hehkuu, kuten kaikki kiinteät aineet; samalla huomaisitte kuitenkin, ettei se palamisen jälkeen jää kiinteänä aineena jäljelle. Vain hyvin harvat polttoaineet ovat tässä suhteessa samanlaisia kuin hiili. Oikeastaan ovat sellaisia yksinomaan kaikki tuohon suureen tavallisten polttoaineitten ryhmään kuuluvat aineet, hiilimäiset aineet, kivihiilet, puuhiilet ja puut. En tunne mitään muuta ainetta kuin hiilen, jolla palaessaan olisi tämä ominaisuus; ja jos ei niin olisi, kuinka meidän sitten kävisi? Jos kaikki polttoaineet olisivat samanlaisia kuin rauta, joka palaessaan antaa kiinteän tuloksen — kuinka saisimme uunimme palamaan sillä lailla, mihin olemme tottuneet? — Tässä lasiputkessa on erästä toista polttoainetta, hyvin helposti palavaa ja niin helposti syttyvää, että se itsestään syttyy ilmassa, kuten näette [Samalla särkee hän putken]. Se on mustaa lyijypyroforia, katsokaapa, kuinka kauniisti se palaa *). Se on jauhomaista, niin että ilma voi tunkeutua siihen joka puolelta kuten hiililäjään uunissa, ja niin se palaa. Mutta miksi tämä aine ei pala yhtä hyvästi, jos sen kokoamme yhteen kasaan? (Hän pudistaa putken jälellä olevan sisällön kasaan rautalevyllä). Yksinkertaisesti sen tähden, ettei ilma silloin pääse siihen joka puolelta. Tämä aine synnyttää paljon lämpöä, saman verran kuin uu-

*) Tällaista pyroforia voi valmistaa monella tavalla, esim. hehkuttamalla sitruunahappoista lyijyä suljetussa astiassa. Lyijy jää silloin jällelle hienona jauhona, sekaantuneena sitruunahaposta eronneeseen hiileen. Niin pian kuin ilmaa pääsee tuohon huokoiseen aineeseen, syttyy se, jolloin hiili palaa hiilihapoksi ja lyijy lyijyoksidiksi.

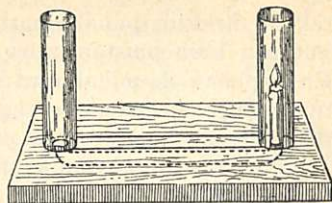
neissamme ja kattilaimme alla on; mutta palamisen kautta syntynyt aine ei ole haihtuvaa, eikä siksi voi hajaantua ilmaan, vaan se jää peitteeksi jällellä olevan aineen päälle, niin ettei tämä pääse uuden ilman yhteyteen, vaan täytyy sen siis jäädä palamatta peitteen alle. Missä suhteessa tämä palaminen eroaa hiilen palamisesta? Hiili palaa aluksi aivan samalla tavalla kuin tämä aine; mutta se ylläpitää pysyvästi vahvaa tulta liedellä tai missä tahansa sitä poltetaan, koska hiilihappo, joka palaessa syntyy, haihtuu kaasuna ilmaan, niin että yhä uudelleen ja uudelleen puhdasta hiiltä paljastuu raittiiseen ilmaan. Myös olen näyttänyt, ettei hiilen palaessa hapessa jää yhtään tuhkaa jäljelle; mutta tässä lyijypyroforiläjässä on nähtävästi enemmän tuhkaa kuin polttoainetta, sillä se on tullut raskaammaksi hapesta, joka siihen on yhtynyt. Nyt näette, kuinka suuri ero on hiilen ja raudan tai lyijyn palamisen välillä, ja miksi niin hyvin voimme käyttää rautaa monenlaisiin lämmitys-, valaistus- tai kuumennuslaitoksiin. Rauta peittyy pian ohuella palamistuloskuorella, joka sitten suojelee sitä ilmalta ja vaikuttaa, että sen palaminen edistyy ainoastaan hitaasti.

Jos hiili palaessaan ensin muuttuisi kaasumaiseen tilaan ja sen palamistulos olisi kiinteätä ainetta, tulisivat huoneemme pian täyteen läpinäkymätöntä ainetta, josta fosforin palaessa näimme; sen sijaan menee nyt kaikki haihtuvana ilmaan. Hiili, joka ennen sytyttämistä on kiinteätä, muuttumatonta ainetta, muuttuu palaessaan kaasuksi, joka ainoastaan vaivoin voidaan saada kiinteään taikka juoksevaan muotoon.

Nyt vien teidät erittäin mieltäkiinnittävään osaan aineestamme — siihen yhteyteen, mikä on kynttilän palamisen ja sen elävän palamisen välillä, joka tapahtuu meidän ruumiissamme. Niin, kaikissa meissä tapahtuu vilkas palamisilmiö, hyvin samanlainen kuin kynttilässä; ja nyt koetan selittää sitä teille. Vertaus ihmiselämän

ja kynttilän välillä ei ole tosi ainoastaan runollisessa mielessä; jos tahdotte seurata minua, luulen voivani teille selvittää, että tämä vertaus luonnontieteelliseltäkin kannalta on oikea ja hyvin perusteltu.

Sitä varten olen suunnitellut pienen koneen, jonka heti panen kokoon. Tässä on lauta, johon on uurrettu kuurna, jonka voin peittää sitä hiukan lyhemmällä levyllä, niin että molempiin päihin jää avoin suu; näihin aukkoihin asetan pystyyn kaksi lasiputkea, jotka siten yhdessä uurteen kanssa muodostavat vapaan kulkutien. Jos nyt asetan vaharullan tai kynttilän (nyt saamme vapaasti puhua kynttilästä, kun ymmärrämme täydelleen sen merkityksen) toiseen putkista, käy palaminen kylläkin hyvin. Huomaatte että ilma, joka ylläpitää liekkiä, kulkee alas vasemmalla olevaa putkea, kulkee sitten vaakasuoraan kanavan kautta ja kohoaa ylös toisessa päässä olevaa putkea myöten, jossa kynttilä palaa. Jos suljen aukon, josta ilma menee sisään, katkaisen ilmavirran, ja kynttilä sammuu. Mutta mitä muuta voisimme tähän yhdistää? Eräässä aikaisemmassa kokeessa *) osoitin, mitä tapahtuu, jos ilma kulkee yhdestä liekistä toiseen. Jos nyt johtaisin ilmaa, joka tulee toisesta kynttilästä, erikoisen laitteen avulla tähän putkeen, niin tiedätte, että tämä kynttilä sammuisi. Mutta mitä sanoisitte, jos väitän, että hengityksenikin sammuttaa kynttilän? En tarkoita puhaltamalla, vaan yksinkertaisesti; uloshengittämäni ilma on sellaista, ettei kynttilä voi siinä palaa. Nyt pidän suutani putken suulla ja, vähin-



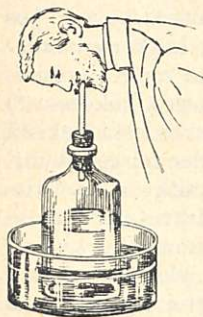
Kuva 33.

Laitos, jonka avulla näytetään, että uloshengitetty ilma ei voi ylläpitää palamista.

*) Katso kuvaa 30 sivulla 91.

täkään liekkiin puhaltamatta, en päästä muuta ilmaa putkeen kuin suustani tulevaa. Nyt näette seurauksen. En suinkaan ole puhaltanut kynttilää sammuksiin; päästin vaan ilmaa, jota uloshengitin, putken suusta, ja kynttilä toisessa päässä sammui ainoastaan hapen puutteesta. Jokin muu — nimittäin keuhkoni — otti hapen ilmasta, ja niin siinä ei ollut mitään jäljellä, joka olisi ylläpitänyt kynttilän palamista. Minusta on hyvin mieltäkiinnittävää tarkastella, kuinka pitkän ajan turmeltunut ilma tarvitsee, tullakseen toisella puolella olevaan kynttilään; aluksi palaa tämä vielä levollisesti edelleen, mutta sammuu, niin pian kuin uloshengitetty ilma saavuttaa sen.

Nyt näytän teille toisen kokeen, valaistakseni teille mahdollisimman täydellisesti tämän tärkeän puolen tutkimuksestamme. Tässä on lasikupu, jossa on ainoastaan ilmaa, minkä voitte nähdä siitä, että kynttilä tai kaasuliekki palaa siinä edelleen samalla tavoin. Suljen sen korkilla, ja korkin keskessä olevan lasiputken kautta hengitän siinä olevan ilman sisään. Jos asetan kuvun veteen, kuten tässä näette, voin imeä sieltä ilman pois (korkin täytyy tietysti olla ilmaa pitävän), vetää sen keuh-



Kuva 34.
Lasikuvussa oleva ilma
vedetään keuhkoihin.

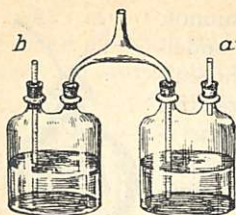
koihini ja hengittää sen taas takaisin astiaan. Nyt voimme tutkia sitä, saadaksemme tietää, mitä hengityksestäni seurasi. Että ensin hengitin ilmaa sisään ja sitten ulos, voitte selvästi huomata veden noususta ja las-kusta. Nyt asetan palavan vaharullan uloshengitettyyn ilmaan, ja te tiedätte liekin sammumisesta, minkälaista ilmaa se on. Yksi ainoa hengenveto on, kuten näette, kokonaan turmellut ilman niin, että olisi aivan turhaa sitä kertaakaan enää hengittää sisään. Nyt käsitätte myös, kuinka epäterveellisiä ovat monet,

erittäinkin köyhempien luokkien, asunnot, joissa samaa ilmaa yhä uudelleen ja uudelleen hengitetään, kun tarkoituksenmukaisen ilmanvaihdon puute vaikeuttaa raittiin ilman pääsyä. Jos yksi ainoa hengenveto niin turmelee ilman, kuten täällä näitte, miten oleellisen tärkeä onkaan raitis ilma terveydellemme.

Saadaksemme tämän tärkeän asian vielä selvemmäksi, katsomme vielä, kuinka kalkkivedelle käy, kun se tulee yhteyteen uloshengitetyn ilman kanssa. Tässä on lasipullo, jossa on kalkkivettä; korkissa olevien putkien kautta pääsee ilma ulos ja sisään, niin että mukavasti voimme tutkia raittiin ja hengitetyn ilman vaikutusta. Nyt voin joko imeä ilmaa A:n kautta ja vetää sen keuhkoihini, sittenkun se on kulkenut kalkkiveden läpi; tai voin pakoittaa keuhkoistani tulevan ilman kulkemaan pohjaan asti ulottuvan putken B:n kautta ja näyttää, mitä se vaikuttaa kalkkiveteen. Katsokaapa nyt — alan A:n kautta —; nyt olen vetänyt pitemmän aikaa ulkoilmaa kalkkiveteen ja sen kautta sitten keuhkoihini; mutta ei näy pienintäkään muutosta, kalkkivesi ei ole siitä ollenkaan samentunut. Nyt teen päinvastoin, siis pakoitan ilman keuhkoistani kulkemaan kalkkiveden läpi (puhaltamalla putkeen B); näette, vaikutus tulee heti näkyviin, uloshengitetty ilma tekee kalkkiveden valkeaksi ja maitomaiseksi. »Tuon valkean sakan kalkkivedessä tunnemme kyllä», sanotte te, »sehän on hiilihappoista kalkkia, jota syntyy, kun hiilihappo tulee kalkkiveden yhteyteen». Aivan oikein; hiilihappo se on, joka turmelee hengityksen kautta pilaantuneen ilman, kalkkivedessä näkyvä ilmiö sen aivan epäamättömästi todistaa.



Kuva 35.
Lasipullo, jonka avulla näytetään puhtaan ja uloshengitetyn ilman vaikutus kalkkiveteen.



Kuva 36.
Putkella yhdistetyt pullot.

Tässä on kaksi putkilla yhdistettyä pulloa, joissa on kalkkivettä. Puutteellisuuksistaan huolimatta tyydyttää tämä laite hyvin meidän tarpeemme. Jos nyt vedän ilmaa keuhkoihini tästä pullostani (a) tai hengitän keuhkoistani ulos tähän (b), niin vaikuttaa putkien asento, että ilma kummassakin tapauksessa kulkee kalkkiveden läpi. Aluksi huomaamme, ettei raitis ilma sisäänhengitettäessä vaikuta mitään muutosta kalkkiveteen; ja sitten näette vaikutuksen uloshengitettäessä; kalkkivesi tulee sameaksi, eikä siihen ole tullut kuitenkaan muuta kuin hengittämäni ilmaa. Eroitus on kyllä silmäänpistävä.

Mutta menkäämme eteenpäin. Mitä merkitsee tämä meissä tapahtuva ilmiö, jota ilman emme voi olla päivällä emmekä yöllä, ja jonka Luoja on järjestänyt niin, että se riippumatta meidän tahdostamme jatkuu valvoessamme ja nukkuessamme? Jos pitemmälti pidättäisimme hengitystä — jota, kuten tunnettua, ainoastaan lyhyen aikaa voimme tehdä — tapamme itsemme. Nukkuessamme ovat hengittimet ja niiden yhteydessä olevat elimet alituisessa toiminnassa; niin välttämätön on hengittäminen elämällemme, niin välttämättömän tarpeellinen ilman yhtämittäminen kosketus keuhkoihimme. Selitän teille tämän ilmiön mahdollisimman lyhyesti. Me nautimme ravintoa; ravinto menee ruokatorven kautta ensin vatsaan ja sitten edelleen ruoansulatuskanavan muihin osiin, missä ruumiille tarpeelliset aineet sulavat ja imeytyvät erikoisesti sitä varten löytyviin suoniin. Nämä näin muuttuneet ravintoaineet kulkevat nyt, vereen jouduttuaan, erikoisia suonia myöten keuhkoihin ja sieltä taas pois; samalla aikaa pumputaan toisia teitä myöten ilmaa keuhkoihin ja sieltä pois. Ilma.

ja ravintoaineet tulevat näin läheiseen yhteyteen keskenään; ainoastaan hyvin ohuet kalvot erottavat ne toisistaan, jolloin ilma vaikuttaa vereen aivan samoin, kuin olemme oppineet sen kynttilään vaikuttavan. Ilman happi yhtyi kynttilän hiileen hiilihapoksi, ja samalla syntyi lämpöä; samanlainen omituinen muutos tapahtuu keuhkoissakin. Sisäänhengitetyn ilman happi yhtyy hiileen (ei vapaassa tilassa olevaan hiileen, vaan juuri yhtymis-silmänräpäyksessä vapautuvaan) ja muodostaa hiilihappoa, jonka sitten hengitämme ulos ilmakehään. Näin johdumme siihen tulokseen, että voimme pitää ravintoaineita polttoaineina. Otan sokeripalan, tehdäkseni sen avulla äsken sanomani vielä selvemmäksi. Sokeri sisältää hiiltä, vetyä ja happea; samoista aineista on, kuten tiedämme, kynttiläkin kokoonpantu, painosuhteet ovat vaan erilaiset. Sokeri sisältää:

Hiiltä	72	} 99 paino-osaa.
Vetyä	11	
Happea	88	

On hyvin merkillistä, ja on hyvä teidän huomata, että vetyä ja happea löytyy sokerissa juuri samassa suhteessa kuin vedessä, niin että voisi myös sanoa: sokerissa on 99 osaa vettä ja 72 osaa hiiltä. Juuri tämä sokerin hiili se on, joka keuhkoissa yhtyy hengitetyn ilman happeen, siis tekee meidät samalla kynttilän kaltaisiksi ja tämän kauniin ja yksinkertaisen ilmiön avulla antaa ruumiillemme monien muitten välttämättömien vaikutusten mukana tarpeellisen sisäisen lämmön. Tehdäkseni tämän selvemmäksi otan hiukan sokeria — eli aikaa säästääkseni siirappia, joka sisältää noin $\frac{3}{4}$ sokeria ja $\frac{1}{4}$ vettä ja kaadan hiukan rikkihappoa siihen. Rikkihappo erottaa sokerista veden, johon se voimakkaasti yhtyy, ja jäljelle jää, kuten näette, hiilimusta joukko — oikeata hiiltä; näette, kuinka hiili erottautuu, ja vähän ajan kuluttua on astiassa ainoastaan kiinteä hiilijoukko, joka

on yksinomaan sokerista muodostunut. Sokeri kuuluu, kuten tiedätte, ravintoaineisiin — ja tuskin olisitte odottaneet hiilen muodostumista sellaisesta. Todistus tulee vielä täydellisemmäksi, jos poltan tämän sokerista saadun hiilen, s. o. kemiallisesti lausuttuna: jos yhdistän sen happeen (oksygeeniin), jos »oksideeraan» sen. Tässä on ainetta, joka hapettaa voimakkaammin kuin ilma *). Hiilen hapettuminen näyttää tosin käyvän siinä toisella tavalla kuin hengittäessä, mutta itse asiassa tapahtuu siinä aivan samaa, molemmissa tapauksissa palaa hiili yhtymällä happeen. Nyt annan sen tapahtua ja, kuten näette, käy palaminen nopeasti. Sanon vielä kerran: aivan samaa, mitä ilman happi vaikuttaa keuhkoissa, tapahtuu tässä nopeammassa ilmiössä.**)

Te hämmästytte, kun ilmoitan teille, kuinka suuria

*) Tavallista salpietaria — joka, kuten tunnettua, on yksi ruudin aineosista — voi käyttää tähän. Myöskin kloorihappoinen kalium on sopivaa. Se sisältää paljon happea, ja päästää sen helposti vapaaksi kuumennettaessa.

**) Jotkut ravintoaineet ovat kokoomukseltaan sokerin kaltaisia, joka sisältää vetyä ja happea samassa suhteessa kuin vesi. Sellaista on esimerkiksi tärkkelys, joka on pääosa kaikissa jauhoissa ja kuuluu sen tähden tärkeimpiin ravintoaineisiin. Rasvoissa sitä vastoin samoin kuin lihan pääaineiksissa ei näin ole laita; niissä on paljon vähemmän happea kuin sokerissa ja tärkkelyksessä. Palaakseen ihmisen tai eläimen ruumiissa, tarvitsevat ne enemmän ulkoa tulevaa happea, sillä niissä täytyy hapettua ei ainoastaan hiilen hiilihapoksi vaan myös suurimman osan vetyä vedeksi. Siis syntyy ruumiissammekin kuten kynttilässäkin hiilihappoa ja vettä. Molempia löytyy uloshengityksessä ilmassa, edellistä kaasuna, jälkimäistä höyrynä. Se että hengitetty ilma sisältää hiilihappoa, näytetään tekstissä selityksellä kokeella, se että tämä ilma sisältää vesihöyryä, näkyy taas helposti, jos hengitämme jotain kirkasta, kylmää esinettä vasten, tämä kun heti himmenee pienistä vesipisaroista. — Myös makuuhuoneen ikkunain hiestyminen, jota voi talviaamuisin nähdä, johtuu keuhkojen (ja ihon) kautta erittyneestä vesihöyrystä; ihosta erinnyt vesihöyry muodostuu ainakin osaksi ravintoaineissa olevan vedyn hapettumisesta.

hiilimääriä keuhkoissa tällä ihmeellisellä tavalla muuttuu. Jo kun otatte huomioon, että näin pieni kynttilä palaa neljä ehkäpä seitsemänkin tuntia, ja niin kauan yhtämittaa muodostaa hiilihappoa, voitte aavistaa, että sen hiilimäärän, joka päivittäin kohoaa hiilihappona ilmaan, täytyy olla hyvin suuri. Kuinkahan paljon hiilihappoa hengittää jokainen meistä ulos! Kuinka suunnaton määrä tätä polttoainetta täytyy olla koko luonnossa tapahtuvissa palamisissa, hapettumisissa ja hengityksissä! Täysikasvuinen mies muuttaa 24 tunnissa noin 240 grammaa, siis noin neljänneskilon hiiltä hiilihapoksi; lehmä käyttää päivittäin noin 2 kiloa ja hevonen 2 1/4 kiloa hiiltä hengittäessään: hevonen polttaa 24 tunnin kuluessa ruumiissaan 2 1/4 kiloa hiiltä, ylläpitääkseen sinä aikana ruumiinlämpöään. Kaikki lämminveriset eläimet saavat ruumiinsa lämmön yksinomaan polttamalla ravintoaineista ottamaansa hiiltä. *) Ja minkä suurenmoisen

*) Ruumiinlämmön syntyminen ei ole ainoa seuraus ruumiissa tapahtuvasta hapettumisesta. Eläimillä (ja ihmisillä) on kyky liikkua. Eläin voi liikuttaa omaa ruumistaan, ja sitä paitsi kuljettaa muitakin esineitä; se *tekee työtä*. Nyt tiedetään, että jokainen työ vaatii voiman kulutusta, joka ei voi syntyä tyhjästä. Jos höyrykoneen pitää työskennellä, täytyy meidän polttaa sen kattilan alla jotakin — puuta, hiiliä, j. n. e. — ja saatu työ on suoraan verrannollinen käytettyyn polttoaineeseen. Juuri samoin tarvitsee ihmisen ja eläimen ruumis polttoainetta, voidakseen tehdä työtä, jota siltä vaaditaan. Tänä polttoaineena on ravinto, josta jo sanoimme, että se kokoomukseltaan on tavallisten polttoaineitten kaltaista. Palamistuloksetkin ovat molemmissa tapauksissa samat: hiilihappoa ja vesihöyryä, joita hengitämme keuhkoistamme, haihtuu myös höyrykoneen tulipesästä. — Niin ovat ravintoaineet, joita nautimme ja jotka palavat sisäänhengitettyssä hapessa, se lähde, josta yhä vuotaa eläinruumiiseen lämpöä ja työkykyä. Näitä ravintoaineita antavat meille kasvit; niillä on ihmeellinen kyky muodostaa hiilihaposta ja vedestä niitä aineita, joita ne itse sisältävät ja jotka samalla ovat eläinten ravintona; ja niin ovat nämä molemmat valtakunnat ihmeellisessä ja molemmille yhtä välttämättömässä vuorovaikutuksessa. Mutta kasvit tarvitsevat elintoimintaansa

käsityksen täten saammekaan niistä ilmiöistä, joita ilmakehässämme tapahtuu! Yksin Lontoossa muodostuu 24 tunnissa noin 5,000,000 kiloa hiilihappoa yksistään hengityksen kautta. Ja mihin joutuu tämä hiilihapon paljous? Se menee ilmaan. Jos hiili palaessaan olisi samanlaista kuin lyijy tai rauta — olette nähneet, että näistä aineista saadaan kiinteitä palamistuloksia — mitä silloin tapahtuisi? Ei koskaan voisi tavallisessa ilmassa tapahtua vilkasta palamista! Mutta hiili muuttuu hapettuessaan kaasuksi, joka voi kohota ilmaan ja sekoittua siihen, ja jonka tämä mahtava kantaja vie mennessään.

Mitä tulee sitten hiilihaposta? On tosiaan ihmeellistä nähdä, että tämä hengitystulos, joka näytti meistä niin vahingolliselta, kun tiesimme, ettei se kelpaa hengitettäväksi, että tämä aine tulee elon lähteeksi toiselle luomakunnan osalle: maanpallomme kasvikuunta käyttää hiilihappoa ravintonaan. Ja vielä maan pinnan allakin, merien ja järvien suurissa vesijoukoissa tapahtuu sama vaihto; kalat ja muut merieläimet hengittävät vedessä aivan samalla tavalla, joskaan ei vapaan ilman yhteydessä.

Katsokaahan kultakaloja lasikellossa! Ne vetävät yhä vettä kiduksiensa kautta ja hengittävät siten happea, jonka vesi on ottanut ilmasta, ja hiilihapon hengittävät ne ulos.

Ja niin näemme kaiken mukautuvan suureksi kokonaisuudeksi, niin että molemmat luomakunnan elävät

varten erästä mahtavaa voimaa, nimittäin auringonvaloa. Kasvi, jolle ei anneta auringonvaloa, riutuu kohta ja lopuksi kuolee. Ja tarkat tutkimukset ovat epäamättömästi todistaneet, että ainoastaan auringonvalossa tapahtuu tuo tärkeä ilmiö kasveissa. Auringonvalo on siis oikeastaan kaiken elämän lähde maapallolla. Se vaikuttaa suuren kiertokulun, jossa hiili ja vety — ja siinä sivussa jotkut muut aineet — tulevat ensin kasvien ja sitten eläinten osaksi, että ne sitten, erottuaan eläimistä, uudelleen joutuvat kasveihin ja alkavat niin kierron uudelleen.

osat palvelevat toisiaan. Kaikki maan puut, pensaat ja ruohot ottavat hiiltä; ne ottavat sitä lehdillään ilmasta, johon me ja kaikki eläimet olemme sitä hiilihapon muodossa antaneet, ja kasvavat ja hyötyvät siitä. Antakaa niille aivan puhdasta ilmaa, joka meille on hyödyllisintä — niin ne kuihtuvat ja kuolevat; antakaa niille hiilihappoa, niin ne kasvavat ja voivat hyvin. Kaikki hiili tässä puupalassa, samaten kuin kaikissa kasveissa, on kotoisin ilmasta, joka ottaa vastaan hiilihappoa, joka on vahingollinen meille, mutta noille tarpeellinen — mikä toiselle tuottaisi kuoleman, se antaa toiselle elämän. Ja niin näemme me ihmiset olevamme riippuvaisia ei ainoastaan kanssaihmisistämme, vaan kaikista muista luoduista, näemme, että meidät sitovat yhdeksi kokonaisuudeksi koko luomakunnan kanssa ne lait, joitten mukaan jokainen jäsen toimii ja elää toisten hyödyksi ja onneksi.

Ennenkuin lopetamme, johdan mieleenne vielä yhden asian, jonka merkitys kaikissa kemiallisissa töissä on hyvin tärkeä. Näytin teille äsken lyijypyroforia, joka syttyi itsestään; näitte että se heti putken rikkomisen jälkeen, kun vielä tuskin oli päässyt ilman yhteyteen, ennenkuin tuli putkesta uloskaan, syttyi. Se johtui kemiallisesta vetovoimasta, tuosta aineitten sisäisestä taipumuksesta toisiinsa, jonka vaikutuksesta kaikki aikaansaamamme kemialliset ilmiöt tapahtuvat. Hengittäessä vaikuttaa se keuhkoissa, kynttilän palaessa liekkissä; ja tässä vaikuttaa se lyijyn ja ilman hapen välillä. Jos tässäkin lyijyn palamistulos kohoaisi ilmaan pinnalta, syttyisi uusi kerros aina tuleen, ja lyijy palaisi loppuun. Kuinka toisin onkaan hiilen laita! Kun tässä huomasimme aineen heti paikalla syttyvän ilman kosketuksesta, jää hiili päiviksi, vuosiksi, vuosisadoiksi muuttumattomaksi ilmassa. Hautaantuneesta Herkulanumista löydetyt kirjoitukset olivat kirjoitetut hiiltä sisältävällä musteella, ja ne ovat säilyneet yli 1800 vuotta

muuttumattomina, eivät ole vähintäkään kärsineet ilman vaikutuksesta, vaikka monin tavoin ovat tulleet sen kanssa yhteyteen. Mistä johtuu tuo suuri ero hiilen ja tuon toisen aineen välillä? On aivan merkillinen ilmiö, että juuri se aine, jonka luonto näyttää varta vasten määränneen polttoaineeksi, *odottaa* sytyttämistään. Hiilemme ei tullessaan ilman yhteyteen leimahda tuleen, kuten tuo lyijyvalmiste ja monet muut palavat aineet, joita olisin voinut näyttää teille; vaan se odottaa käyttämistään. Eikö tämä odottaminen ole erikoinen, hyvin ihmeellinen ominaisuus? Kynttilä ei syty itsestään ilmassa, ei joudu yhtäkkiä tuleen, kuten tuo lyijyvalmiste; se odottaa vuosia, se odottaa koko aikakausia muuttumatta, kunnes panemme sen toimintaan. Jos käännän tässä kaasulampun hanaa, virtaa kaasu voimakkaasti polttajasta ulos; mutta kuten näette, se ei syty ilmasta — se tulee kyllä ilmaan, mutta odottaa kunnes sytytän sen; ja jos puhallan liekin sammuksiin, virtaa kaasu nytkin taas palamatta ulos ja odottaa taas, kunnes pidän kynttiläni siinä. Minun täytyy ensin lämmittää kynttilää ja kaasua, ennenkuin ne syttyvät. On huomattavaa, että eri palavat aineet vaativat eri lämpöasteita sytyäkseen; muutamia tarvitsee ainoastaan hiukan lämmittää, toiset vaativat kovempaa kuumentamista. Tässä on esim. kaksi räjähtävää, siis hyvin hyvästi syttyvää ainetta, ruutia ja pumpuliruutia; kuitenkin syttyvät ne eri lämpöasteissa. Ruudissa on hiiltä ja muita aineita, jotka tekevät sen helposti palavaksi; ja pumpuliruutia valmistetaan omituisella tavalla tavallisesta pumpulista; se sisältää siis myös paljon hiiltä, sillä pumpulihan kuuluu kasvikuuntaan. Ei kumpikaan syty itsestään; ja ne saatetaan toimintaan eri lämpöasteissa tai muuten erilaisissa olosuhteissa. Jos kuumalla langalla kosketan molempia, niin näette, kumpi ensin syttyy. Näette, pumpuliruuti räjähti, vaikka langan kuuminkaan osa ei saanut ruutia syttymään. Kuinka kauniisti näkyy

tästä esimerkistä se asia, että eri aineet tarvitsevat eri ehtoja kehittääkseen niille ominaista toimintaansa. Toinen aine odottaa rauhallisesti, kunnes tarpeellinen lämpö herättää sen toimintaan; toinen ei odota ollenkaan — kuten hengittäessä tapahtuu. Heti ilman tullessa keuhkoihin yhtyy happi hiileen; vielä alimmassa lämmössäkin, jota ruumis voi sietää, kun se on jo lähellä paleltumista, tapahtuu hengittäminen ilman muuta; hiilihappoa muodostuu ja kaikki toiminnat kulkevat säännöllistä kulkuaan.

Nyt olette oppineet, kuinka läheisiä ilmiöitä hengitys ja palaminen ovat.

Ja nyt luentojemme lopuksi toivon, että koko elämänne ajan joka suhteessa kestäisitte vertauksen kynttilän kanssa, että, niin kuin sekin, olisitte valona ympäristölle, että kaikista teoistanne kuvastuisi kynttilänliekin kauneus, että uskollisina velvollisuuksillenne vaikuttaisitte kaikkea kaunista, hyvää ja jaloa ihmis-kunnalle.



Luonnontieteellinen kirjautuus.

Fysiikka, kirj. tohtori *P. A. Heinricius*. 536 sivua, 301 kuvaa ja 4 värikuvaliitettä. 6 mk, vaatekanssiin sid. 7: 50.

Tekijää asiantuntijat pitävät tätä nykyä etevimpinä matemaattisella alalla toimivista opettajista ja on hänen teoksensa, joka hauskasti ja kansantajuisesti esittää uusimmatkin fysikaaliset ilmiöt ja saavutukset; pitkäaikaisen tutkimustyön tulos. Kun teos sitäpaitsi on ainoa kotimainen kansantajuisesti lukukirjaksi sopiva fysiikka, jollaista kauan on kaivattu, tulee se varmaan saamaan ansaittua huomiota osakseen. Teoksen kuvitus on omaperäinen ja sisältää se neljättäsataa kuvaa, joista moniaat teosta varten piirrettyjä ja valokuvattuja, ynnä neljä värillistä liitekuvaa. Teoksessa on tarkat sisällyksenimi- ja asiahakemistot.

Luonnontieteellisen kirjastomme

kirjoilla on se etu, että asiat niissä ovat sujuvasti, hauskasti ja helppotajuisesti kerrotut, kirjat eivät vaadi lukijalta sanottavasti alkutietoja ja soveltuvat siten hyvin tiedonhaluisen nuorisonkin luettaviksi ja samoin kaikkien niiden, jotka tahtovat saada käsitystä tärkeistä luonnontieteen haaroista, joista tähän asti on ollut hyvin vähän suomeksi kirjoitettu. Tässä erittäin suositussa tietokirjasarjassa ennen ilmestyneistä on vielä saatavissa:

Edv. Hjelt: **Kemia**. 312 sivua. 44 kuv. 3. painos. Sid. 4 mk.

E. Bonsdorff: **Tähtifiede**. 466 siv. 189 kuv. 10 taulua ja tähtikartta. Sid. 6 mk.

R. Hult: **Yleinen fyysillinen maantiede**. Suom. *Alli Nissinen*. 359 siv. 223 kuv. ja karttaa. Sid. 5 mk.

Robert Tigerstedt: **Fysiologia**. Suom. *K. Suomalainen*. 320 siv. 181 kuv. ja värill. taulu. Sid. 5 mk.

O. M. Reuter: **Piirteitä eläinmaantieteestä**. Suom. *J. E. Aro*. 147 siv. 119 kuv. ja kartta. Sid. 2: 50.

Kansanvalistusseura, Helsinki.

Keksijät ja löytäjät

Kirj. professori **Wilhelm Ostwald.** 88 siv. 1 mk.

Tunnetun saksalaisen kemistin ja filosofin, Nobelin palkinnon saajan varsinkin kasvattajille tärkeä teos, jossa tämä kuuluisa tutkija antaa yleisiä menetelmällisiä ohjeita tutkijanerojen toiminnan käsittelyä varten ja valitsemiensa esimerkkien (kolmen kuuluisan tutkijan ja keksijän elämäkerran) nojalla esittää omien tutkimustensa tulokset, kuvaillen uranuurtavien nerojen työn edellytyksiä, laatua, suhtautumista ympäristöön y. m. Tämä oivallisesti kirjoitettu sisältörikas kirja täyttää tärkeän sijan kirjallisuudessamme, joka on köyhä täyspainoista kansantajuisista teoksista tällaisten yleisten kulttuurikysymysten alalla.

Lasten Joulu

kookas, runsaasti kuvitettu, rikassisältöinen, hauska ja hyödyllinen **108-sivuinen** joulukirjauutuus.

Päätoimittaja: tohtorinna **Elsa Hästesko**; avustajia: Anni Kaste, Maiju Seppälä, Aino Voipio, F. A. Hästesko, Väinö Kiviliinna, Ilmari Hannikainen, J. Siltala, Pekka Pohjansäde y. m.

Kuvittaja taiteilija **Antti Halonen** y. m.

»Lasten joulun» monilukuisista kirjoituksista mainittakoon m. m.: »Lasten Joulutyöt», »Joulukuusta hakemassa», »Joulukuusen koristamisesta», »Vanhoja suomalaisia joululeikkejä», »Lappalaisten joulusta», »Nänsenin joulunvietto napaseuduilla», »Joulupukin paras lahja», »Isoäidin keijukaiset», »Käenpojan elämästä», »Kallepojan orava», »Mansikkasuu», satuleikki »Met-sän lumoissa» lauluineen ja sävelmineen, runoja y. m. y. m.

Hinta kauniissa monivärikansissa ainoastaan 50 penniä.

Ken antaa »Lasten Joulun» joululahjaksi, lahjoittaa lapsille iloisen juhلاميelen, hyödyttää heitä hyvillä neuvoilla ja rikastuttaa monilla tiedoilla pitkiksi ajoiksi.

Nuorisokirjasarjamme

uusimpia numeroita:

Samoan ihmesaarilta. Kertomuksia ja kuvauksia. Kuvit. ja kartta. 72 siv. Sid. 1 mk.

Helsingin Sanomissa Arvi Lydecken: »Kirja on kaikinpuolin hauska ja arvokas. Juuri tämäläisiä nuorisokirjoja meillä kaivataan. Siitä on nuorille sekä oppia että iloa. Suositamme kirjaa lämpimästi. Se vie lukijan ihanille seuduille, missä mielellään viivähtää. Kuvat ovat onnistuneita ja ulkoasu varsin soma.»

Etelämeren satuja, koonnut kreivi *Birger Mörner*. Kuvitt. ja kartta. 96 siv. Sid. 1: 25.

Helsingin Sanomissa Arvi Lydecken: »Tämän joulun nuorisokirjallisuuden parhaisiin tuotteisiin ehdottomasti luettava. Sen lukeminen tuottaa todellista, pysyvää nautintoa.»

Voittojen päiviltä, kirj. *Verner von Heidenstam*. Kuv. 72 siv. 1 mk.

Tekijän kuuluisasta historiallisesta teoksesta poimittuja parhaita kertomuksia. Kuvaa Ruotsin ja Suomen suuruuden ajan tapauksia, oloja ja ihmissydämiä. Mukana tempaava nuorisokirja ja parhain johdanto »Välskärin kertomuksiin».

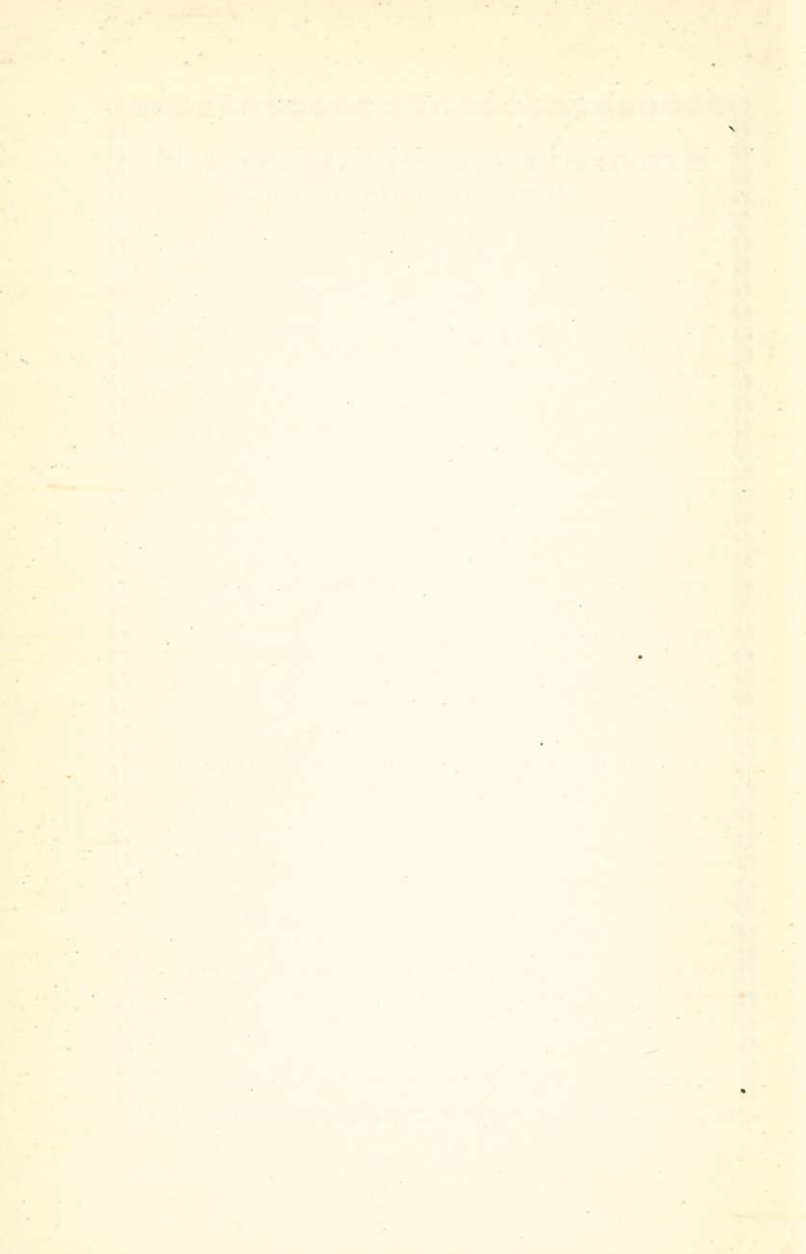
Krumbambuli ja muita eläinsankareita. Kuv. 100 siv. Sid. 1: 25.

Lienee vaikea tavata mieleen vaikuttavampaa ja mieltä jalostavampaa nuorisokirjaa kuin tämä Hampurin opettajain valiokunnan ja muiden asiantuntijain valitsema kaunis eläinkertomuskokoelma.

Sven Hedinin seikkailut Aasiassa. Kuvit. ja kartta. 166 siv. Sid. 1: 50.

Taitavasti toimitettu yhteenveto kuuluisan tutkijan merkellisistä, kerrassaan satumaisista vaiheista ja seikkailuista. On viehättävimpiä ja samalla opettavimpia kirjoja, mitä ajatella saattaa.

Kansanvalistusseura, Helsinki.



Suom. last. kirj. 5.

Kansanvalistussäätiö

III 15

KANSALLISKIRJASTO-KANSALLISKOKOELMA



120 101 5984

Hilda Häkikosken

Suomen Historia Nuorisolle.

V. 1908 ilmestyi tämän eteväksi tunnustetun historian opettajan ja henkevän kirjailijan monien vuosien uutteran, väsymättömän työn tuloksena I. osa laajaksi suunniteltua «Suomen Historiaa Nuorisolle»

Pakanuuden aika

käsittäen seuraavat pääluvut: Suomen suku ja sen vaiheet. — Suomen maa ja sen asukkaat. — Suomalaiset Suomessa. — Suomen asutut seudut pakanuuden ajan lopulla.

224 sivua. Runsaasti kuvitettu. 3 mk., sid. 4: 50.

Nyt on ilmestynyt tämän hartaan ja tunnokkaan, kesken tärkeätä työtään manalle menneen isänmaallisen sivistyshistorioitsijan ja nuorisonystävän viimeisenä kirjallisenä testamenttina

Keski-ajan I nide

käsittäen teoksen II. osan kaksi päälukua: Suomi ja sen keskiaikaiset naapurit ja Ristiretkien ja Suomen valloittamisen ajan (ulottuen aina vuoteen 1323).

Tämä runsaasti kuvitettu tekijänsä muistolle omistettu nide on 220-sivuinen ja maksaa 3 mk. 25 p.

Samoin kuin teoksen I. osaan on kirjoittaja tähän II:eenkin käyttänyt hyväksensä kaikkia niitä tutkimuksia, joilla tiedemiehet ovat tähän asti valaisseet Suomen keskiaikaa. Kirjaa on siltä kannalta tarkastanut eräs Suomen keskiajan kaikkein huomattavimpia tieteellisiä tutkijoita, valtioarkiston aktuario tohtori *J. W. Ruuth*.

Kun kirjailijalla, joka omaa näin ylevän käsityksen historian kirjoittajan tehtävästä kuin neiti K., samalla on hyvät tiedot, virkeä mielikuvitus, sujuva esitystapa, runsasvarainen kielenkäyttö, niin onpa hän todella oikeutettu kuvailemaan suurelle lukijakunnalle kansansa elämänvaiheita. Parempaa lukemista ei nykyisinä kovan koettelemuksen aikoina voida Suomen kansalle ja varsinkin sen nuorisolle tarjota kuin tämä loistavassa esipuheessa Suomen nuorisolle omistettu historia on. Eikä liene Suomen rajojen sisällä sitä vanhempaakaan, jossa ei tämä kirja suurinta mieltymystä herättäisi.

Hinta 1: 50.