

A felhők és a légköri csapadékok keletkezése.

Megelőző közleményünkben a felhőknek a légkörben bizonyos ideig való megmaradása okaival foglalkoztunk; * jelen sorainknak az a céljuk, hogy a felhők keletkezését és további sorsát tárgyalják, hogy illetéken a felhők életének mind a három szakaszát, azaz keletkezésüket, bizonyos ideig való megmaradásukat és elenyészésüket a legújabb vizsgálatok alapján megvilágosítsuk.**

A ködök és a felhők vagyis a »gasban lebegő ködök« keletkezéséről közönségesen ugyanazt szoktuk mondani, a mit a légköri lecsapódások vagy az úgynevezett hidrometeorok keletkezéséről általában mondunk: hogy ha a levegő mérséklete hidegebb tárgyakkal való érintkezés, hidegebb levegővel való keverődés vagy bármi más lehülés révén elegendőképen alászáll, azaz az úgynevezett harmatpontra süllyed, úgy több gőzt foglal magában mint a mennyit ez alacsonyabb mérsékleten magában foglalhat, s ennél fogva a gőz fölöslege folyós vagy esetleg szilárd alakban lecsapódik. Mindezt, nagyban és egészben, elvégre megfigyelt dolognak, tapasztalati ténynek mondhatjuk, s ennél fogva úgy látszik, hogy a csapadékok

* Term. tud. Közl. 275. füz. 353. 1. (1892 július).

** Közleményünkben az általános meteorológiai tényezők mellőzésével a jelenségeknek csak közvetlen fizikai oldalát fogjuk megvilágosítani; az előbbiekre nézve v. ö. Ráth A. cikkét »Az eső keletkezéséről«, Term. tud. Közlöny, XXI. 1889. 318. 1.

keletkezésének okairól egyéb mondani valónk nem is marad.

A dolognak ilyen egyszerű módon való felfogását azonban mindjárt megnehezíti egy másik tapasztalati tény, melynek megállapítása korántsem volt valami egyszerű dolog. Ez az a tapasztalat, hogy a ködöt és a felhőt alkotó vízcseppecskék keletkezése szükségképen megkivánja a pornak, tehát szilárd részecskéknél jelenlétét. E nélkül a levegő gőze a nyomás növelése vagy a mérséklet további leszállítása mellett is *túlhűtött* állapotban maradna, azaz megtartaná légnemű halmazállapotát a telítési nyomásnál nagyobb nyomás mellett vagy a telítési mérsékletnél alacsonyabb mérséklet mellett is. Minthogy Coulier (1875), Helmholtz (1887) és Aitken (1880) idevágó közvetlen kísérletei maga a tény iránt alig hagynak még fenn kétséget, a kérdés elméleti szempontból is megoldásra várt. És ez a megoldás annyival is inkább könnyen volt keresztül vihető, a mennyiben a megkivántató állapot William Thomson már 1870-ben megvetette.

A *túlhűlés* jelensége a cseppfolyós testeknél már régóta ismeretes. A vizet csendes helyen vagy igen szűk csövekben mélyen (— 10 C^o-ra) a normális fagypontja alá hűthetjük a nélkül, hogy megfagyna; de azután a legcsekélyebb rázástól rohamosan jéggé szilárdul, miközben mérséklete 0^o-ra szökik fel. Az ellenkező jelenség a folyadékok *túlhevülése*, a mikor is a folyadék jóval a normális forráspontja fölé hevül a nélkül, hogy forrásnak indulna, és ha a for-

rás végtére mégis megindul, akkor heves lüktetésekkel, szinte robbanásszerűen megy végbe.

Mindezek a jelenségek, a mennyiben okaikat tekintjük, igen közeli rokonságban vannak. Különösen pedig az eddigi megfigyelésekből az tűnik ki, hogy idegen alkotórészek hiánya e jelenségek lényeges feltétele. Így a víz túlhűlése rendszerint a levegőt nem tartalmazó víznél figyelhető meg. A megolvasztott alkénssavas nátrium minden különös óvatosság nélkül igen mélyen az olvadáspontja ($45\text{ }^{\circ}\text{C}$) alá hűthető, de ha a megolvasztott tömegbe a sónak egy darabkáját vetjük, a megmerevülés nyomában megindul. A víz túlhevülése is csak akkor áll be, ha a víz levegőt, vagy a víznél illékonyabb más folyadékot nem tartalmaz; e folyadékokat és a levegőt tartós forralással űzhetjük ki a vízből. Különösen nagy hatása van az edény falaihoz tapadt levegőnek. Mentül tökéletesebben távolítjuk el az idegen alkotórészeket, annál magasabb a túlhevülés mérséklete, úgy hogy meg sem határozhatjuk a legmagasabb túlhevülési mérsékletet, mert minden újabb kísérletben, melyben a levegő kiűzése tökéletesebb volt, a túlhevítés mind magasabb hőfokra volt emelhető. D u f o u r a vizet, hogy az edény falait ne érinthesse, lenolaj és szegfűolaj keverékébe csepegtetvé, s ily módon sikerült 180° -ú vízcseppet előállítania.

A soraink elé tűzött czél szempontjából itt a gőzök túlhűlésével kell foglalkoznunk. De azon szoros kapcsolatnál fogva, melyben a jelenséget előidéző okok a folyadékok túlhevülésével vannak, alig lehetséges e két rendbeli jelenséget egymástól elválasztani, minélfogva kérjük az olvasót, hogy szíves figyelmével a túlhevülésre tett kitérőre is kövessen.

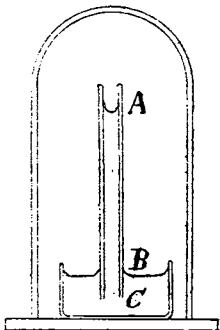
A folyadékok forrása anyagi minőségükön kívül első sorban a rájuk ható nyomástól függ; a gőzbuborékok ugyanis csak akkor szállhatnak fel a folyadék felszínéig, ha gőzüknek nyomása a rájuk ható nyomással legalább is egyenlő;

ellenkező esetben legott megszűnnek, azaz ismét folyadékká sűrűsödnek össze. Ha továbbá a forró vagy párolgó folyadék zárt edényben van, úgy a fölötte levő gőzök *telítve* vannak, vagyis a gőz nyomása (és sűrűsége) csakis az edényben uralkodó mérséklettől függ, és azt a legnagyobb értéket veszi fel, mely az uralkodó mérsékletnél egyáltalában lehetséges. Ha ezt az értéket egyszer már felvette, a folyadék a gőzével thermikai egyensúlyban van, azaz a folyadék többé nem párolog, és a gőz nem csapódik le; míg azonban ezt a legnagyobb értéket el nem érte — feltéve mindig, hogy a mérséklet nem változik — a folyadék párolog; ha pedig a telített gőzre ható nyomást növeljük, a gőz azért sűrűbbé és nagyobb nyomásúvá nem válik, hanem fölös mennyisége lecsapódik. William Thomson (1870) azonban egy igen nevezetes tényre hívta fel a természettudósok figyelmét, nevezetesen arra, hogy egyazon mérsékleten a *hajcsövesség* hatással van a telített gőz nyomására és e hatás természetét és nagyságát szabatosan meg is határozta.

A hajcsövek szűk csövek, melyekben a folyadékok felszine homorú vagy domború alakot vesz fel, és ehhez képest a csőben fölmelegednek illetve alászállanak, és pedig annál nagyobb mértékben, minél kisebb a homorú vagy domború felület sugara. Első pillanatra úgy látszik, hogy a folyadék felszínalakjának vajmi kevés köze lehet a gőznyomáshoz, azonban egy kis megfontolás azonnal meggyőz az ellenkezőről. Állítsunk egy csésze vízbe ilyen szűk csövet (1. ábra); borítsuk le az egészet egy haranggal és ebből szivattyúzzuk ki a levegőt; végre legyen a mérséklet az egész készülékben mindenütt egyenlő. Ekkor bizonyos idő eltelte után az elzárt tér a folyadék telített gőzeivel telik meg. Nyilvánvaló, hogy a *B*-nél a vízszintes felületre ható gőznyomás nagyobb az *A*-nál a homorú felületre ható gőznyomásnál, és ezt egy *AB* magasságú gőzoszlop nyomásával mulja felül. Miután egyrészt a csövön kívüli térben a gőz telítve van, másrészt

a csőbeli gőznyomás egyazon mérsékleten kisebb a külső gőznyomásnál: a telített gőzök említettük tulajdonságai- ból az látszik következni, hogy a cső- beli gőz nincs telítve, tehát a víz a haj- csőben folytonosan párolog.

Ha ez az eset állana, úgy a csőben keletkező gőz a külső térben *B*-nél, mi- után itt már is telített gőzök vannak, folytonosan lecsapódnék, és ily módon a cső alsó *C* nyílásán keresztül az *AB* magasság a nehézségi erő hatására szün- telenül helyreállana, tehát folytonos áramlás, a perpetuum mobile egy neme jönne létre. De e folyamatban a párolgás az *A* homorú felületen hőt fogyasztana el, és ez a hő a *B*-nél való lecsapódás



1. ábra.

révén a sík felületre vitetnék át, minél- fogva a hő magától, azaz külső munka felhasználása nélkül hidegebb helyről melegebb helyre menne át, mi a hőnek általánosan ismert magatartásával merő- ben ellenkezik.

A homorú felszínű folyadék a gőzé- vel tehát egyensúlyban van, avagyis a homorú felület felett egyazon mérsékleten is a telített gőz nyomása kisebb a víz- szintes felszínfeletti telített gőz nyomásá- nál. Egészen hasonló elmélkedés útján arra az eredményre jutunk, hogy dom- ború felszín felett, mikor is a folyadék a hajcsőben alászáll, a telített gőz nyo- mása egyazon mérsékleten is nagyobb mint a vízszintes felszín felett. W. Thom-

son eme következtetéseit Warburg (1885), R. v. Helmholtz (1886) és Duhem (1886) más szempontokból kiindulva is megerősítették, és Kola- ček (1886) kimutatta, hogy W. Thom- son eredményei tisztán mechanikai alap- elvekből is lezármasztathatók.

Nyilvánvaló, hogy a vízszintes és a homorú felülettel érintkező egyazon mér- sékletű telített gőzök nyomáskülönbsége arányos az *AB* oszlop magasságával; mivel pedig ez az emelkedés fordított viszonyban van a cső sugarával, követ- kezik, hogy a szőban forgó nyomás- különbség is fordított viszonyban van a cső sugarával.

Ha a cső belső sugara mintegy 0.001 mm., a víz a csőben 13 m. magas- ságra emelkednek a külső vízszintes fel- szín fölé, és W. Thomson számítása sze- rint a csőbeli gőznyomás a vízszintes felületre ható gőznyomásnak mintegy 0.001 részével lenne kisebb.* Hogy te- hát a szőban forgó nyomáskülönbségek tetemesek legyenek, a sugárnak még sokkal kisebbnek kell lennie, és épen ilyen csekély sugarakkal lesz a túlhevülés jelenségénél dolgunk. Azonban a csekély nyomáskülönbségek is teljesen elegendő, hogy bizonyos, a körülményektől függő maradandó állapotokat létesít- senek. Így ha a hajcső alsó *C* nyílását elzárjuk és ezután a csőből vizet veszünk ki, hogy *AB*-nél kisebb magasság léte- süljön; a homorú felszín feletti gőz nyomása nagyobb lesz annál, mely őt az uralkodó mérsékletnél és a felület alak- jánál fogva megilleti, minélfogva a gőz a csőben lecsapódik, s ez addig tart, míg a folyadék ismét *A*-ig, vagyis addig a pontig emelkedik, melynél akkort, midőn a cső alul nyitva volt. Ha pedig az alul elzárt csőbe folyadékot töltünk és így *AB*-nél nagyobb magasságot léte- sítünk, a csőbeli folyadék mindaddig párolog, mígnem felszine *A*-ig száll le. Ugyanezek a folyamatok végbemenné- nek akkor is, ha a térben a gőzön kívül

* Maxwell, Theorie der Wärme, übers. v. F. Auerbach, 281.

még levegő vagy más gáz is volna jelen, csakhogy lefolyásuk lassubb lenne.*

Ezek után már elő vagyunk készítve, hogy a túlhevített folyadékok és a túlhűtött gőzök jelenségeit megérthessük. Lássuk először is, hogy miért lehet valamely túlhevített folyadékban a mérsékletet jóval magasabbra emelni a normális, vagyis annál a forrási mérsékletnél, a melynél a levegőt tartalmazó folyadékból keletkező buborék gőzének nyomása legalább is egyenlő a reá ható külső nyomással. Tegyük fel, hogy egy buborék tényleg létrejött. A benne levő gőzt mindenünnen homorú felület határolja, nyomása tehát kisebb lesz, mint volna akkor, ha ugyanazon mérsékleten egyenes felület határolná; és pedig az előrebocsátottak szerint annál kisebb lesz, mentül kisebb a buborék sugara. Innét kitünik, hogy a buborék csak akkor lesz képes megmaradni és tovább növekedni, ha sugarának egy bizonyos, számítás útján meg is határozható nagysága van; míg ezt a nagyságot el nem éri, a buborék gőzének nyomása kisebb a reá ható külső nyomásnál, tehát a buborék folyadékká sűrűsödik össze. Mivel pedig a buborék sugara a buborék keletkezése pillanatában úgyszólván végtelen kicsiny, nyilvánvaló, hogy ugyanekkor gőznyomása is rendkívül csekély, tehát a buboréknak a keletkezése után legott meg is kell szünnie. Ez más szóval annyit tesz, hogy elméleti szempontból az egészen tiszta víz semmiféle magas hőmérsékletnél sem forralható fel. Hogy a forrás egyáltalában létrejöhessen, valamely oknál fogva (pl. a folyadéknak ha még oly csekély levegőtartalmánál fogva) az említettük határérték-nagyságú buboréknak létre kell jönnie, s ha ez létrejött, akkor hirtelen megnagyobbodik és a forrás szinte robbanásszerűvé

* Növényi testek, mint gyapot, len, vászon stb. gyakran a harmatpontnál magasabb mérsékleteken is tartalmaznak nedvességet. W. T h o m s o n valószínűnek tartja, hogy ez a nedvesség a növényi szövet szűk csöveiben való lecsapódásnak tulajdonítandó.

válí. A közönséges forrást tehát az edény falaihoz tapadó vagy magában a vízben levő levegő vagy gázok teszik oly egyenletessé.

Hogy az említettük határérték-nagyságú buborékre egy példánk is legyen, hozzuk, hogy a 354 mm., tehát mintegy egy fél légköri nyomás alatt álló közönséges víz már 80 C°-on forr; ha azonban a víz egészen tiszta, akkor ugyanezen nyomás alatt mindaddig, míg a 10 cm. mélységben keletkezett buborékok átmérője 0,000,001,94 mm.-nél kisebb,* 100°-ra hevíthető a nélkül, hogy felforrna.

Lássuk már most az ellenkező jelenséget, a túlhűtött vagy jobban mondva túlteltett gőzök jelenségét. A kérdés az: mi annak az oka, hogy az egészen tiszta, semmi idegen részt nem tartalmazó telített gőzt le lehet hűteni, vagy pedig össze lehet szorítani a nélkül, hogy csapadék keletkezne?

Tegyük fel, hogy valamely térben, mely gőzt vagy levegőt tartalmaz, egy parányi vízcsepp foglalhatná. Mivel a cseppecske felülete domború, a már előrebocsátottakból következik, hogy a cseppecskét közvetlenül környező telített gőz nyomása nagyobb, mint a mekkora egyazon mérsékletnél sík felszínnek felel meg. A cseppecske tehát csak akkor maradhat meg és növekedhetik tovább, ha ez a nagyobb nyomás kisebb a cseppecskére ható külső nyomásnál. Ha azonban a cseppecske sugara egy bizonyos, számítás útján meghatározható határértéken alul van, akkor a cseppecskét közvetlenül környező gőz nyomása nagyobb lesz a külső nyomásnál, és a cseppecske párologni fog, ha mindjárt telített gőz van is a térben. Egy igen kicsiny csepp tehát még oly tetemes nedvességű levegőben is párologhat, a melyben síkfelületű folyadék nemcsak

* E számot a Thomson-féle képlet segítségével azon föltétel alatt számítottuk ki, hogy hevítés közben a víz fölötti nyomás állandó marad, mi a felületi párolgás miatt csak közelítőleg áll.

hogy nem párologna, hanem ellenkezőleg, a gőz reá lecsapódnék.

A következtetések lánczát most ismét csak egy szemmel kell tovább fűznünk, hogy belássuk, hogy elméleti szempontból az egészen tiszta gőz egyáltalában nem csapható le. Mert ha keletkeznének is cseppecskék, keletkezésük pillanatában úgyszólván végtelen kicsinyek volnának, de az ilyen cseppek, miként az imént láttuk, nem növekedni, hanem elpárologni törekcsenek. Hogy tehát az említett határértékű nagyságuk létrejöhessen, valamely akár szilárd, akár folyós idegen alkotórészre van szükség, melynek nagysága legalább is egyenlő a cseppecske határértékű nagyságával és ily módon a cseppeképződés magvául szolgál.

A légköri levegő — nem tekintve a felhőkben és ködökben már meglevő cseppecskéket — cseppfolyós alkotórészeket nem tartalmaz, a gőzök lecsapódása tehát csak a mindenütt és mindenkor jelenlevő porszemecskékre történhetik. S így elméletileg igazolva van Aitkennek már a multkori közleményünkben említett az a nézete, hogy ha a levegő teljesen pormentes volna, felhők egyáltalában nem keletkeznének és ennél fogva eső sem képződne, és a gőzök közvetlenül a földszinén levő tárgyakra csapódnának le.

Példaképen felhozzuk, hogy ha 10^0 -ú telített gőzt, melynek nyomása 9.1 mm., állandó mérsékleten fokozatosan 18.5 milliméter nyomásnak, tehát saját nyomásánál mintegy kétszer akkorának tesszünk ki, lecsapódás mindaddig nem jön létre, míg nem a keletkező cseppecskék átmérője mintegy $0.000,024$ mm. Mivel pedig a megfelelő porszemecskék, legalább valamivel még kisebbek, könnyen érthető, hogy Assmann-nak (1885) az a törekvése, hogy a portescskéket közvetlenül mikroszkópos megfigyelés útján mutassa ki, negatív eredményre vezetett. A ködcseppecskéket gondosan megtisztított üveglapon fogta fel, azután elpárologtatta őket, és a maradékot megvizsgálta. Mindössze csak

annyit birt megállapítani, hogy a portescskék, ha valóban megvannak, 0.0005 milliméternél mindenesetre kisebbek.*

A szóban forgó tényeket, persze az ok és okozat közötti kapcsolat ismerete nélkül, már régóta ismerik. Köztudomású dolog, hogy a szőlő- és gyümölcs-termést a fagytól akként óvják meg, hogy mentül nagyobb füstöt gerjesztő tüzet nyujtanak. Itt korántsem a tűznek egészen jelentéktelen melege az óvószér, hanem a füst, mely a ködképződést előmozdítván, megakadályozza a hőkisugárzást és így a növényzet elfagyását is. R. v. Helmholtz pedig azt említi, hogy a kalauzok, a kik az idegeneket a Nápoly környékén levő úgynevezett szolfatara-kráterekhez vezetik, szintén ismerik a jelenséget. Itt a meleg források vájta talaj egyes rianásaiból és üregeiből folyvást forró gőzök szállanak fel, a melyek azonban a Nap hevítette levegőben gyorsan elenyésznek. Hogy a jelenség az idegen látogatókra mentül nagyobb hatással legyen, a kalauzok rözserakást, vagy csak egy darab papírt nyujtanak meg, és a gőzök több méternyi átmérőjű körben legott sűrű, fehér felhökké tömörülnek össze.**

Felemlítjük még Maxwell-nek azt a megjegyzését, hogy gyakran lehet ködképződéseket megfigyelni, melyek a vízgőzben egészen hirtelen állanak be, és hogy a jelenség azt a benyomást teszi a szemlélőre, mintha a ködképződést valami ok hátráltatta volna; és ha azután mégis létrejön, ez oly rohamossággal történik, mely a túlhevített folyadék

* Lehmann, i. m. II. 167. Hogy a ködcseppecskék nagyságának rendje, tehát a porszemek nagyságáé is, a fény hullámhossznak rendjéhez tartozik, ezt R. v. Helmholtz onnét következteti, hogy vannak ködök, melyek az interferenciális színjelenségeket még nem mutatják, azaz a melyekben az átmenő és az oldalvást menő sugarak útkülönbsége a hullámhosszhoz képest kicsiny. És hozzá teszi, hogy ez magyarázza meg, hogy a levegő mesterséges megszűrése a túltelítettség fokát nagyban emeli. (Wied. Ann. 1866, 27, 508.)

** Lehmann, i. m. II. 166.

ellenkező tüneményére, azok hirtelen felforrására emlékeztet.*

A dérképződésre vonatkozó megfigyelésekből kiderült, hogy ha a harmatpont a fagypont alatt van, a légkör gőzei azonnal szilárd alakban rakódnak le a tárgyra, tehát dér nem megfagyott harmat, mint ezt gyakran állítják. Azok után, miket a köd- és a felhőképződésről mondtunk, valószínűnek látszik, hogy az igen nagy magasságban lebegő, finom jégtűkből álló felhők is akként képződnek, hogy az igen hideg telített gőzök szintén a porszemecskékre, és pedig azonnal mint finom jégtűk csapódnak le.

Ezek után szóljunk még a felhők megszűnéséről. A felhő és vele együtt a köd, mint ilyen kétféle módon szűnhetik meg: vagy ismét gőzzé oldódik fel a melegebb és szárazabb levegő hatására, vagy pedig esővé, hóvá stb. alakulva a földre hull. A felhők megszűnésének első módjára nézve csak az a megjegyezni való, hogy a melegebb és szárazabb levegőben való gyorsabb párolgás miatt a cseppecskék nagysága rohamosan csökken és épen e miatt gömbalakjuk domborúságának a párolgást gyorsító hatása is még fokozottabb mértékben érvényesül. Bizonyára ez utóbbi hatás magyarázza meg a felhőknek gyakran oly rohamos módon való elenyészését.**

A mi a lehulló csapadékokat illeti, ezek közül csak az eső és a hó képződését magyarázhatjuk meg legalább né-

* Theorie d. Wärme, 283.

** Élénken emlékszem vissza egy több évvel ezelőtt Tátrafüreden megfigyelt jelenségre. Egy nyári nap alkonyatán figyelmeztet felköltötték azok a felhők, a melyeket a szél a Nagyszalóki csúcán át Galicziából hozott. A mint a felhők a hegy csúcsát elérték, a déli lejtőre hirtelen lefordultak — mintha csak lehajigálták volna — és ezután egy pár pillanat alatt elenyésztek. Oly rohamossággal ment ez végbe, hogy lehetetlennek tűnt fel előttem, a jelenséget pusztán csak a felhőt hozó hidegebb levegőnek a melegebb levegővel való keverődése s az e miatt való közönséges párolgásból megmagyarázni.

mileg kielégítő módon. Az esőre nézve régi az a felfogás, hogy a felhő parányi cseppecskéi folytonosan ide s tova mozognak, miközben összeütkeznek, e miatt folytonosan nagyobbodnak és tetemessé vált súlyuknál fogva mind rohamosabban esnek. Esés közben több cseppecske újra egyesül és a gőznek rácsapódása is növeli átmérőjüket, úgy hogy a felhő legalsó rétegeiben már a tulajdonképeni eső jelenségével van dolgunk.

Hogy a felhőknek mélyebben fekvő részeiben a cseppecskék csakugyan nagyobbak mint a magasabb rétegekben, ez oly tény, melyet a hegyászok gyakran tapasztalhatnak, és a melyet közvetlen mérések is megállapítottak. Így Assman-nak (1885) a Brocken-hegyen tett mikroszkópos mérései szerint a cseppecskék nagysága a felhő felső határán 0·014 mm., 10 méterrel lejjebb már 0·02 volt az átlagos nagyság, 20 méterrel mélyebben 0·03 mm., 50 méterrel mélyebben pedig már 0·035 mm., mely nagyság a mérséklet csökkenésével még inkább növekedett, és midőn az átmérő már 0·4 mm.-re rúgott, a köd már oly sűrű volt, hogy méréseket már nem is lehetett tenni és a lehulló cseppecskék finom esőnek jellegét öltötték.* A kérdés tehát csak az, vajjon a cseppecskék ide s tova mozgása az egyedüli lehető ok, mely legelső egyesüléseket előidézi? Korántsem, mert itt van még a hajcsövességnek az a hatása, mely a cseppecskék domború felületén a gőznyomás megváltoztatásában nyilvánul. Ha ugyanis a cseppecskék átmérője nem egyenlő, a határértékűeknél kisebb cseppek a már előterjesztett okból elpárolognak, a nagyobbak pedig, az előbbiekről rovására, lecsapódás útján növekednek. Sőt Maxwell nézete szerint a mérhető nagyságú cseppek kizárólag eme folyamat útján jöhetnek létre a nélkül, hogy több apró cseppnek szükségképen egyesülnie kellene.* Eme feltevést a közve-

* Lehmann, i. m. II. 159.

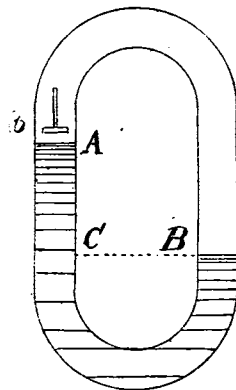
** Theorie d. Wärme, 283.

tetlen megfigyelés is támogatja. R. v. Helmholtz ugyanis észrevette, hogy ha egy üveglapon finom lecsapódmány képződött, a mely felett nagyobb cseppek vannak szétszóródva, úgy az utóbbiak körül csakhamar csapadékmentes korongok képződnek, jeléül annak, hogy a kisebb cseppek a nagyobbakba át-desztillálódtak.* Hasonló megfigyeléseket tett Lehmann is, midőn a lecsapódmányokat mikroszkópos úton vizsgálta.**

Az esőző felhők képződésében a légköri elektromosságnak is jelentős szerepe lehet, és pedig oly módon, hogy — mint ezt Blondlot kimutatta — az elektromosság a telítési nyomást, miként bizonyos esetekben a hajcsövesség, alábbszállítja. Mindamellett, hogy eme hatás nagyságát és közelebbi körülményeit, a mennyiben ezek a felhőkre vonatkoznak, megfigyelési adatok hiánya miatt közelebről nem határozhatjuk meg, a tárgynak maga magában való érdekessége miatt röviden előterjesztjük a hatás természetét.***

Tegyük föl, hogy két U-alakú cső egymásra van forrasztva, úgy hogy egészen zárt edényt alkossanak (2. ábra), és tegyük fel, hogy az edényben víz van, a víz feletti levegő el van távolítva, a mérséklet pedig az egész készülékben állandó. A víz a közlekedő edények törvénye szerint a két szárban egyenlő magasan áll, de ha azt képzeljük, hogy az egész szárban a víz felszine felett egy megelektromozott p lap van, úgy az elektromos megosztás miatt az A felszín a lapéval ellenkező nevű elektromosságú lesz és az elektromos vonzás miatt föl-emelkedik. Ennélfogva a B felszínre ható gőznyomás kisebb lesz az A -ra hatónál, és pedig az AC gőzoszlop nyomásával lesz kisebb. Ha már most a két felszín maradandóságát az A -nál való párolgás és a B -nél való lecsapódás idézné elő, valóságos perpetuum mo-

bilével volna dolgunk. Ennélfogva a telített gőz A -nál kisebb nyomásnál van a folyadékkal egyensúlyban mint B -nél, vagyis a folyadékfelület elektromossága a telítési nyomást alábbszállítja, és pedig, miként a számítás mutatja, az elektromos sűrűség négyzetével arányosan szállítja alább.



2. ábra.

Mindezek után azonban még egy fontos kérdést kell felvetnünk. A felhőből nem mindig esik; valószínű tehát, hogy normális körülmények között a felhő cseppecskéi mindannyian egyenlők és egymáshoz viszonyítva nem mozognak, tehát a cseppecskék sem az ütközés, sem pedig a hajcsövesség hatására nem változhatnak. Tehát mi indítja meg az esőképződést?

Ilyen megindító ok lehet a felhő felső felületének sugárzás miatti lehülése, a hidegebb légáramokkal vagy párateltebb levegővel való keverődés, és nagyon valószínűleg a légköri elektromosságnak eddig még ismeretlen valamely hatása.

Midőn a már mérhető átmérőjű cseppecskék egy mélyebben fekvő, 0 foknál hidegebb levegőrétegen esnek keresztül, megeshetik, hogy jéggömböcskékévé fagnak, és e gömböcskék alkotják a tulajdonképeni ónos esőt.

Miként a dér a földi szilárd testekre, úgy a hó a légköri portestecskékre ra-

* Wied. Ann. 1866, 27, 525.

** I. m. II. 151.

*** Blondlot, »Journal de Physique«, 3, 1884, 442.

kódik le, a midőn a párák a fagypon-
t alatt sűrűsödnek össze. Lehetséges, hogy
a hópelyhek további növekedését nem
csupán a rájuk lecsapódó gőzök, hanem
a *túlhűlt* vízcseppecskék is okozzák.
Aitken (1888) megfigyelései szerint leg-
alább a *zuzmara* kristályait a ködcsep-
pek növelik nagyra. Zuzmara csakis
igen sűrű ködben és igen hideg időben
keletkezik, és a hosszú jégkristályok
különösen a széliránynak fekvő oldala-
kon fejlődnek ki, mert ebben az irány-
ban a legtöbb cseppecske érkezik oda.
Assmann a zuzmaraképző ködöt mikro-
szkópos úton megvizsgálta és cseppecs-
kéit — 10 °-nál folyósaknak találta. Né-
mely ilyen cseppecske a mikroszkóp
tárgytartóján üvegtisztaságú jéggöm-
böcskévé merevült.*

A dara és a jégeső keletkezésére
vonatkozó számos elméletre itt nem ter-
jeszkedünk ki.** E jelenségek keletke-
zését ez idő szerint még sűrűbb homály
borítja. Hogy azonban a légköri pornak
itt is megvan a maga szerepe, ez már
onnét is kitűnik, hogy a jégszemekben
idegen szilárd magvak mindig jelen
vannak.

Mindamellet, hogy a felhőknek és

légköri csapadékoknak a leírtuk módon
való keletkezésének föltételeit kiváló
buvárok állapították meg, még mindig
igen sok a figyelembe nem vehető rész-
let, és ez, tekintve a nehézségeket, a
melyekkel a közvetetlen megfigyelés jár,
eléggé megmagyarázza a még mindig
nagy számú hézagot. Egy dolog azonban
máris világosan látszik, és ez a légköri
pornak igen fontos szerepe. A khemi-
kusok és fiziológusok már régen fel-
ismerték a levegő portartalmának sze-
repét egyes, szintén igen fontos jelen-
ségekben, mint az erjedés, rothadás, fer-
tőtztetés stb. jelenségeiben és az egész-
ségre való általános és különös hatásai-
ban. És a mennyiben a szerves részek-
ből álló port tekintjük, a természet-
história is már rég felismerte a szél-
től tovasodort csiramagvaknak a növényzet
elterjedésére s így a földfelület általános
jellemére való befolyását. A légköri csa-
padékoknak a por szerepére alapított
elmélete azonban a por jelentőségét
egészen új oldalról tünteti fel. A por, ez
az annyiszor szidott és kárhóztatott por,
nemcsak hol éltető, hol bomlasztó elem,
hanem a légkör jelenségeiben való sze-
repe révén a földfelület egész életének
szabályozója.

* Lehmann, i. m. II. 189.

** L. Heller, »Az időjárás«, 255.