

A meleg mint munkás.

(Felolvasatott a május 19-iki és folytatólag a június 2-ki szakgyűlésen.)

Mi az a meleg? mily nagy hatalom az, mely a télen át megdermedt természetet új életre rázza, s légkört és óceánokat megmozgat? mily varázsló az, hogy bűvös érintésére a szilárd testek folyásnak erednek, a folyékonyak gőz alakjában szétterjengnek, a jég zárai fölpuhannak, s a kopár föld hímes növény szőnyegbe takarózik? miféle csoda erő az, melynek éltető lüktetését minden erünkben érezzük? A régi világ bölcsői elismerték hatalmát, mert mint tüzet a négy uralkodó elem közé sorolták; más régi bölcsök s nem bölcsök még nagyobb tiszteletet tanúsítottak iránta, mert a napban, a tűzben istenségül imádták; később a tudomány úgy tekintette, mint súlytalan folyadékot, mely testből testbe ömlik s ezeknek még oly apró lézagaít is átjárja; most pedig a legtöbb természetbúvár ahhoz a nézethez hajlik, hogy a meleg nem egyéb mint mozgás, mint az apró részecseknek rendkívül gyors rezgése; e rezgő részecsek lehetnek magának a testnek apró alkatrészei, lehetnek parányai az éthernek, a világot átjáró ama finom anyagnak, melynek létezését a tudomány csak fölteszi s melynek rezgéséből a fénytüneményeket megmagyarázni oly fényesen sikerült.

De ne keressük most a meleg milétét, hanem nézzünk hatásai után; ne kutassuk, hol született e munkás, mily családból való, hanem vizsgáljuk hogy mit bír, miféle s mennyi dolgot végez. Alkalmazzuk reá is a napjainkban mind nagyobb uralkodásra kapó józan, igaz felfogást, mely nem a származás, hanem a munkaképesség szerint sorozza az emberek érdemét, s a dolgos napszámot a henyé uracsnál jóval többre becsüli.

Lássuk tehát mit s mennyit bír a meleg, azután pedig gondoskodjunk kellő mértékről is, hogy ehhez mérve munkáját számba vehessük, megbecsülhessük.

A melegnek vagy hőnek első szembeszökő hatása az, hogy a testeiket kitágítja: szilárdak csepegősök vagy légneműek — mindegy, melegezés közben terjeszkedni kénytelenek. Legerősebben szegülnek ellene a melegnek a szilárd testek, de azért a fölhevült szikla is enged, tágít és terjeszkedik; a fémekről pedig, mint a vas, réz, arany stb. tudjuk, hogy észre-

vehetőleg tágulnak, így például vasrudak, sínek a nyári nap leve alatt is meggörbbedeznek, ha nincs elég terök, hogy megnyulhassanak. Hogy a hőnek ez a munkája nem megvetendő, arról meggyőzhet az az észrevétel, hogy ugyancsak sok mázsányi terhet kell egy vasrúdra akasztani, míg észrevehetőleg megnyúlik. A szilárd testek részecskéi nagy erővel tartanak össze, igen szorosan ragaszkodnak egymáshoz, a mint azt tapasztaljuk a nagy ellenszegülésen, melyet le kell küzdenünk, midőn a szilárd testeket feldaraboljuk: fát vágunk, követ zúzunk vagy akár czukrot törünk stb. Ezen összetartás ellen dolgozik a hő, és diadalmaskodik is fölötte, a mi ugyan nem csekély munkájába kerül.

Mint hogy a részecskék összetartása a folyadékoknál sokkal csekélyebb, mint a szilárd testeknél, a terjengős gőzöknél s gázoknál pedig már épen igen jelentéktelen, a melegedő folyadékok s még inkább a légneműek sokkal nagyobb mértékben tágulnak ki, mint a szilárdak.

Itt tehát a mi munkásunk feszítő vassal dolgozik: mintha számtalan feszítő vasat ékelne a testek parányi közeibe, hézagaiiba, szétválaszva, szétaszítva a testek apró részecskéit. A légneműek a legnagyobb készséggel engedvén, e hatásnak, terjengősségök, feszítő erejük nőttön nő, a mint jobban-jobban fölmelegszenek; innen van, hogy azt a mi útjokat állja, a mi terjeszkedésökben gátolja, nyomják, taszítják, sőt a hőmérsék fokoztával szét is rugják az edényt, melybe rekesztve vannak. A gőznek taszító, feszítő, szétrúgó ereje eléggé ismeretes.

A hőnek e munkásságából még egy igen nevezetes eredmény származik. A tágulással ugyanis karöltve jár a ritkulás: a mily mértékben valamely test terjeszkedik, azon mértékben ritkúl egyszersmind. Ha a levegő, mely eredetileg például egy köblábnyi tért foglalt el, a melegedés folytán két akkora téren oszlik szét, akkor ugyanazon arányban meg is ritkúl és aránylag könnyebbé válik: egy köblábnyi levegő most csak fél annyit fog nyomni mint eredetileg. E körülmény a szilárd testeknél — részecskék erős kapcsolatánál fogva — tetemesebb mozgalmat nem idézhet elé, de igenis folyadékoknál s a légneműeknél, melyeknek részecskéi szerfölötti mozgékonytsággal vannak fölruházva. A mint a víznek vagy levegőnek egyik része jobban fölmelegszik, mint a szomszédos víz vagy légrétegek, azonnal könnyebbé is válik, mint ezek, s könnyebb lévén föl is emelkedik, helyére pedig a környékbeli hidegebb s ennél fogva nehezebb víz- vagy légtömegek áramlanak. Ily mozgás keletkezik a tüzelőre állított víz edényben: az edény fölhevült falaihoz legközelebb eső vízrészecskék leghamarabb melegszenek föl és felszállnak, helyöket a hidegebb részecskéknek engedve át; a felszínen meghülve aztán ismét leereszkednek s helyökre az e közben megmelegedett víz emelkedik: a vízben tehát folytonos áramlás indul meg. Hasonló mozgalom támad a fűtött szobában: a kemenczével szomszédos lég-

rétegek fölszállanak s nyomukba kerülnek az alant elterülő rétegek; amazok viszont oda fenn meghűlvén, a kemenczétől távolabb eső helyeken alá bocsátkoznak s helyökre az e közben fölmelegedett levegő tódul.

Miként kicsiben, úgy történik ez nagyban is a föld kerektségén: a meleg a tengerekben, a légkörben hatalmas áramlásokat indít, melyek úgy szólván az időjárás alapjául szolgálnak. Képzeljünk két darab földet egymás szomszédjában: az egyik kopár, homokos, a másik ellenben erdős vagy gyepes, vagy vízzel borított; a nap mind a két határra egyenlő erélylyel lövelli sugarait, de ezek mégsem hevülnek egyenlő mértékben — a homok s ezzel együtt a vele érintkező légrétegek jobban fölmelegszenek, mint a növényzet, vagy víz s az e környékbeli levegő. Ebből aztán az származik, hogy a kopárság fölött fölemelkedik a megmelegedett levegő s helyére a növényzettel vagy vízzel borított vidék felől oda özönlik a hűvösebb levegő. Ekkor a homokos helyen tanyázva, az erdő vagy víz felől hűs szellőt fogunk érezni. Ha a lég áramlása gyorsabb, akkor szélnek — ha pedig nagyon is erőszakos, akkor szélvésznek, orkánnak nevezzük.

A különböző hőmérsékletű légtömegeknek e csereviszonya az egész földtekét átfogó, folytonos keringést is idéz elő a légkörben. Az egyenlítő környékét ugyanis úgy tekinthetjük mint földünk fűtőjét, a két sarkvidéket pedig mint földünk hűtőjét: amott forró, felszálló légtömegek, emitt fagyos, nehéz légrétegek, amaz előbiek helyére tódulók. Óriás keringőt jár a levegő; e keringőket úgy képzelhetjük, hogy közös induló pontjokról, az éjszakai vagy déli sarkról sugárosan erednek minden oldalra, s pályájokat a föld színén vagy legalábbbb közelében folytatva az egyenlítő felé, ennek környékén fölemelkednek a magasba, honnan aztán alább-alább szállva térnek ismét vissza az éjszakai vagy déli sarkhoz. Ilyforma szabályos keringésbe sodródnék légkörünk, ha ebben sok körülmény meg nem zavarná; ily háborító körülmény például a tengereknek és szárazföldeknek, sivatagoknak és növényzettel borított tájaknak, síkoknak és akadékoskodó bérczeknek sokszerű váltakozása; a föld forgása tengelye körül stb. E háborítások legkevésbé éreztetik magukat az egyenlítő vidéken, kivált pedig a csendes óceán mérhetetlen víztükre fölött, úgy hogy ott szinte szakadatlanul leng a passzá t neve alatti ismeretes éjszak-keleti szél az egyenlítő éjszakai oldalán, s a délkeleti szél az egyenlítő déli oldalán.

De kellelénél messzebbre kezdünk csapongni — csak a melegnek hatalmas mozgató erejét akartam feltüntetni: a szóban forgó áramlások, úgy hiszem, elég fennhangon hirdetik azt, s ezzel beérve ne nyomozzuk továbbra a szelek járását s a tengeri áramlások futását, hanem térjünk vissza munkásunkhoz és kutassuk még más egyéb működését.

A melegnek egy másik, a tágitásnál még több erőlködést igénylő munkája az, hogy a testek halmazatát megváltoztatva: a szilárd testeket

megolvasztja, a folyadékokat felforraltja s párákká, gőzőkké alakítja. Tulajdonképen nem egyéb az, mint folytatása a tágitás munkájának, csakhogy erőszakosabb módon: a szilárd testek részecskéinek kapcsolatát addig feszegeti s lazítja, míg szabad mozgékonyásra tesznek szert — s a jég, a vas, az arany fel van olvadva; a folyadékokban pedig a részecskék mozgékonyságát, kölcsönös távolságukat addig gyarapítja, míg nem a részecskék közönsége csaknem végkép felbomlik s azok szanaszét iramodnak — a folyadék gőzzé vált.

Ez átváltozások alkalmával nevezetes és tanúságos jelenségek fordulnak elé, nagyon alkalmasak arra, hogy a hő munkálkodása iránt helyes útba igazítsanak. A kísérletek nem bonyolódottak: hozunk a szobába egy edényben havat vagy morzsolt jeget, állítsuk bele a hőmérőt s most kísérjük figyelemmel ennek jelentéseit. A meleg szobában a hó vagy jég is folytonosan melegszik, s ezt a hőmérő emelkedése is hirdeti. De a mint a hőmérő higanya a fagyponthoz ér, tehát azon hőmérséket mutatja, melynél az olvadás kezdődik; e pontnál a higany megállapodik s túl rajta nem emelkedik valamíg csak a hó el nem olvad. Ekkor aztán, ha a melegítés tovább tart, a vízben ismét emelkedik a hőmérő, hirdetve, hogy a víz hőmérséke is emelkedik. Azt tapasztaljuk tehát, hogy az olvadó jég vagy hó fölszedi a meleget a nélkül, hogy melegeznék — az olvadás közben fölszedett hő látszólag nyom nélkül eltűnik. Ezt az eltűnt meleget *lappangó vagy megkötött melegnek* nevezik.

Ugyanazt tapasztaljuk a víz felforrásánál is; ha a vizet melegítjük, a belemártott hőmérő ezt a víznek szolgáltatott meleget meg is jelenti, mert fölebb-fölebb emelkedik. De a melegedés csak addig tart, míg a víz el nem kezd forrni. A midőn a hőmérő a 100 foknyi hőmérséket, a forrponthoz elérte, ezentúl nem emelkedik, bár mennyire tüzeljünk is a vizes edény körül. Mind az a hó, melyet a tűz a víznek forrás, elgőzölgés közben szolgáltat, látszólagosan nyom nélkül elvész — mint meleg legalább nem érezteti magát, különben a hőmérő megjelentené. A meleg tehát itt is lappangóvá lesz.

De a fürkésző ész nem szereti a bujósdit: minél inkább lappang, rejteződik valami, annál nagyobb mohósággal kutatja föl a nyomát s üldözi a legrejtettebb búvó helyekig. Nyomozzuk mi is ezt a lappangó meleget: elébb bukkanunk reá, semmint gondolnók. A kiindulás pontja igen egyszerű: a mi egyszer megvan, az meg nem semmisülhet, nyom nélkül el nem vesztethet; átváltozhatik, más alakot ölthet igenis, de semmivé nem lehet. Így ama meleg is, melyet az olvadó jégnek, a gőzölgő víznek szolgáltatunk, eltűnt ugyan, de el nem vesztethet: lehet, hogy mint meleg nincs meg többé, hogy átváltozott, s ekkor új alakban kerül szemünk elé. Nyomozásunk másik kiinduló pontja pedig az a nyilvánvaló igazság: hogy semmiből semmi sem támadhat, a hol valami hatás mutatkozik, ott kellett valami hatónak vagy elő-

leges hatásnak is lennie, mely e mutatkozó hatást előidézte. Ily hatás a jég olvadása, a víz gőzölgése; hol a ható, mely előidézte, hol a megelőző hatás, melyből az olvadás, gőzölgés mint eredmény származhatott? Még csak egy lépés, és nyomon vagyunk; még csak egy szem, s okoskodásunk láncza össze van fűzve. Íme, egyfelől eltűnik a meleg, más felől pedig megjelenik bizonyos hatás — mint csodatevő gyárainkban: a terem egyik végén kádba dobják a szennyes rongyot s a terem másik végén szép sima papiros kerül ki, a rongy eltűnt, a papiros feltűnt — elveszett-e nyom nélkül, megsemmisült-e az a rongy? nem, csak átváltozott. Nem ítélünk-e helyesen, ha ugyan-e módon magyarázzuk meg a fennforgó esetet? a meleg, mely eltűnt, voltaképen alapot cserélt, egy másik hatás alakjában került fölszínre: mint a test részecskéinek erőszakos felbontása, felkavarása. Hogy ez munka, még pedig jelentékeny munka, arról már megemlékeztünk. Azt mondhatnók tehát, hogy az a lapangó meleg bizonyos munkává alakult: eltűnt mint meleg, s megjelent mint munka.

Ez átváltozásról világosabb képet alkotunk magunknak, ha a meleget úgy képzeljük mint munkást, mint munka bíró erőt. Nagyon jól tudjuk pedig saját magunkról, hogy minden munka megfelelő mennyiségű erőt emészt föl. A dolog elfáraszt minket s mi egyéb a fáradság, mint az erő csökkenése, bizonyos erő mennyiség eltűnése. Minden munkának végre hajtása, legyen az akár testi akár szellemi munka, bizonyos erőbe kerül, mely eltűnik, elfogyasztatik. De koránsem enyészik el nyom nélkül, mert a végzett munkában úgy szólván meg van testesülve. A jelentkező eredmény, a munka mindig arányban lesz a reá fordított erővel — mert a természet jó számvető s igazságos, és vele megaludni ily dolgokban nem lehet. Ha egy mértföldnyire kell gyalogolnom, azaz, testem súlyát egy mértföldnyire kell szállítanom — e munka csak bizonyos fáradsággal, bizonyos erőnek az árán hajtható végre, melyet okvetlenül oda kell áldoznom. Ha egy öl fát akarok felválni, ez bizonyos erőmbe fog kerülni mulhatatlanul, bármily okosan is fogjak hozzá, bármennyire is akarjam kimélni magamat. Ingyen munkát a természet nem ismer: minden mozdulat megfelelő mennyiségű erőt emészt meg, minden lépést bizonyos erő árán kell megvásárolnunk. De azért balga volna, a ki élete czéljául tekintené, hogy erejét minél inkább kimélje, hogy minél kevesebbet lépjen s mocczanjon. Az erő épen arra való, hogy fogyjon, hogy munkává váljék; életünk jóformán nem egyéb, mint az erőnek folytonosan buzgó forrása, és e kifakadó erőnek munkában való elfogyasztása, megtestesítése. Azért csak bátran fogjunk a dologhoz — az életbölcsesség nem abban áll, hogy a munkát kerüljük, erőnket kiméljük, hanem abban, hogy czéltalan, hasznavehetlen munkától ovakodjunk, s erőnket hiába ne vesztegezzük.

A hőnek munkaereje, lám, nincs hiába elvesztegetve: jókora hőmennyiség fogy el az olvasztásnál, a gőzölgésnél, de van is láttatja — a folyékony

eligazodnunk, melyeket az árak megszabásában alkalmazni akarunk, meg kell határozni az egységeket, melyeket e számok alapjául fogadunk. A köznapi életben is, ha alkuba bocsátkozunk, nem elég a számokat tudni, de tisztában kell lennünk az iránt, mily mértékekre vonatkoznak: négyszög lábokban vagy öleiben vagy épen holdakban van-e kifejezve a telek nagysága, s miféle pénzben értik az árát, frankokban-e, vagy pedig ezüst vagy bankó forintban? Így a tudományos kérdésekben is lényeges dolog az, hogy biztosan tájékozódva legyünk az iránt, miféle egységek-szolgálnak a szám-értékek alapjául? mert különben a számvetés elveszti becstét s a viszonyok éles, szabatos feltüntetésére oly alkalmas számok villágosság helyett csak zürzavart támasztanak.

Minden mennyiséget csak hozzá hasonló mennyiséggel lehet mérni, a hőmennyiségek egységül is tehát bizonyos adag hőt kell választanunk. A tudósok választása különböző, és sokan még folyvást saját hazájok mértékrendszeréhez tartják magukat: mind a mellett napról napra általánosabbá válik a tudományban a franczia, a legokosabb mértékrendszer, s ezt választjuk mi is annyival inkább, mert néhány év alatt remélhetőleg közéletünkbe is behozzák. Szokjunk hát hozzá jó eleve.

Hőegységül fogadjuk azt a hőmennyiséget, mely egy kilogram víz hőmérsékét 1 fokkal emeli, a 100 fokú vagy Celsius-féle hőmérő fokozata szerint (1 kilogram közel $1\frac{4}{5}$ font; különben a franczia meg a nálunk dívó mértékek kölcsönös viszonya szabatos számokban kifejezve megvan e füzetek elsejében). Két, három, négy annyi víznek 1 foknyi melegítésére két, három, négy annyi meleg is kívántatik, tehát 2, 3, 4 hőegység; szintúgy, ha 1 kilogram víz hőmérsékét két, három, négy hőfokkal akarjuk emelni, akkor e víznek kétszer, háromszor, négyszer több meleget is kell szolgáltatnunk, azaz: két, három négy hőegységet. Így például, ha 1 kilogr. vizet, mely az imént olvadt fel hóból, a felforrásig akarunk hevíteni, erre 100 hőegység kívántatik (a hőmérsékét 0 fokról 100 fokra emeljük).

A mi a munkát illeti, itt az elszállítandó teher nagysága és útja szolgál a megbecsülés alapjául. Ugyanis, minél nagyobb terhet szállít valaki s minél messzebbre szállítja, annál nagyobb munkát végez. A ki egy mázsányi követ hord el egyik helyről a másikra, az öt annyi munkát végez, mint az, a ki ugyan e távolságra csak 20 fontnyit hordana el. A terhet kilogramokban fejezzük ki, az út hosszát pedig méterekben (1 méter kerek számmal fél öl); munkaegységül pedig választjuk azt a munka-képességet, mely 1 kilogramnyi terhet 1 méternyre bír fölemelni.

E megállapodások után már most kifejezhetjük a melegnek értékét munkában, vagy viszont; számokban jelenthetjük ki, hogy mekkora munkát képvisel, mekkora munkával ér föl a hőegység. Számos, idevágó kísérletek eredményét összevetve, közép számmal 424 kilogram-méterre tehető az a munka, mely a hőegységnek megfelel. E szám adja a hőnek úgynevezett egy e n é r-

tékét, a *equivalens*ét munkában; jelentése pedig az, hogy azon hőmennyiségben, mely 1 kilogr. víz hőmérsékét 1 fokkal növeli, tehát a hőegységben annyi munka-képesség van, a mennyi azon munkaerőben, mely 424 kilogramot 1 méternyre bir emelni. A hőegység oly tehetős, hogy az imént említett munkát képes végrehajtani. Valahányszor tehát a meleg munkát végez — tágít, olvaszt, elgőzöltet — minden 424 kil. méternyi munkára egy-egy hőegységet fogyaszt, vagy — a mint szintén szokás kifejezni — egy-egy hőegység változik munkává. Viszont, a munka egységével egyenlő értékű meleget $4\frac{1}{4}$ hőegység fejezi ki, azaz: ha a munka meleggé változik, az így fejlődött hőmennyiség egy-egy kilogram-méternyi munkánál $4\frac{1}{4}$ hőegységet tesz.

Melegnek, munkának meg van hát szabva az ára: tudjuk már most, mekkora meleget kell fogyasztanunk, hogy bizonyos munkát hajtson végre, és viszont, mennyi munkával kell megfizetni, ha bizonyos mennyiségű hőt akarunk fejleszteni. Érdekes lesz, úgy hiszem, néhány példában a melegnek ropant munka-képességét kimutatni — a számvetés egyszerű; de előbb egy-két kísérletet akarnék csak nagyjából megismertetni azok sorából, melyek által a tudósok ama nevezetes számnak, a munka meg hő kölcsönös értékét kifejező számnak birtokába jutottak. Az eszközök, a kísérletek közben alkalmazott sokféle óvatosság, a számba veendő igazítások részletes leírása bonyodalmas fejtegetésekbe sodorna; a mi célunkra elégséges, ha általános fogalmat szerzünk a felől, mi úton-módon derítették ki e vonatkozást.

Joule angol tudós volt az első, a ki szabatos kísérleteivel bebizonyította, hogy az átváltozó meleg meg munka mindenkor ugyanazon megszabott arányban vannak egymáshoz. Több rendbeli kísérletei közül csak kettőt érintek. Az egyiknél a surlódást, a másiknál a lég összenyomását alkalmazta; mind a két munkálatnál, a mint láttuk, hő fejlődik. *Joule* egyrészt kiszámította első esetben a surlódásnál, második esetben a lég összenyomásánál felhasznált munkát, másrészt megvigyázta, hogy mekkora meleg fejlődött ez alkalommal — ismerve már most a felhasznált munkát s az ez által gerjesztett hőt, e két mennyiség kölcsönös arányát is meghatározhatta.

A surlódást úgy eszközölte, hogy öntött vasból készült két korongot szorított egymáshoz: egyikök veszteg maradt, a másik egy tengelyre volt erősítve, melyet forgatni lehetett. E forgatás úgy történt, hogy a tengely felső vége egy fahengerbe volt dugva, mely körül zsineg tekerődött; a tengely függőlegesen állt, a zsineg mindegyik vége pedig oldalvást egy-egy csigán át vezetve ólom nehezékekkel volt megterhelve. Ha már most e nehezékeket megeresztették, hogy leeshessenek, ezek húzták a zsinetet, a zsineg pedig forgatta a hengert s ezzel együtt a hozzá erősített tengelyt. A mily munkába került e nehezékeket bizonyos magasságra fölemelni, annyi munkát szolgáltatnak ezek leesésük alkalmával vissza: ezt a munkát ki lehetett számítani; de épen ez az a munka,

melyet a korongok surlódása felhasznált s hővé alakított — meg kell tehát még határozni, mekkora meleg fejlődött e surlódás folytán. E végre a leírt készüléknek egy része, t. i. a surlódó korongok egy öntött vas edénybe nyúltak, mely higanyval volt megtöltve. Az edény tetején nyílások voltak, melyek egyikén a tengely ment keresztül, másikába pedig hőmérő volt dugva. A surlódó korongok megmelegítették a higanyt: hogy mennyire, hogy hány hőfokkal növelték hőmérsékét, azt a belemártott hőmérő jelentette. Ebből aztán ki lehetett számítani a surlólás által gerjesztett hő mennyiségét. Ekként jutott J o u l e tudomására a keresett két mennyiségnek: a felhasznált munka meg az ekkor fejlesztett hő mennyiségének.

A másik fajta kísérletnél vas csőbe levegőt szivattyúzott be egész 22 légkör nyomásáig, és kiszámította, mekkora munkába kerül a levegőnek ily fokú megsűrítése. A cső, melyben a sűrítés végrehajtott, alkalmasan berendezett víz edénybe volt mártva, úgyhogy a lég összenyomása folytán gerjesztett hő e vizet megmelegítette. Megfigyelve, mennyire emelkedett ily módon a víz hőmérséke, a fejlesztett hő mennyiségét is ki lehetett számítani.

E kísérletek így elmondva elég egyszerűek, de végrehajtásuk sokszerű ovattosságot igényel.

S most már vessünk egy kis számot, hogy munkásunknak, a melegnek tehetőségét megbecsülni tanuljuk. Lássuk például, mekkora munkát végez, mikor a fagyos bilincseket feloldja, a jeget megolvasztja. A tett kísérletek szerint egy kilogram jégnek megolvasztásakor 79 hőegység lesz lappangóvá; ennyi meleg tűnik el, azaz ennyi meleg szolgál arra a munkára, hogy a jégreszeckék merev kapcsolatát feloldja s nekik folyékonytágot szerezzen. E munka mint látni, 79 hőegységet emészt meg, vagy is egyenlő értékű azon munkával, mely 79 hőegységnek felel meg, tehát $424 \times 79 = 33496$ kilogramméternyi munkával. E szerint ha lehetséges volna külső erőszakkal, például törve, zúzva, morzsolva, tépve, a jeget vízzé változtatnunk, ez a dolog 1 kilogram jégnél nekünk annyi fáradságunkba kerülne, mint 33496 kilogramnak *) 1 méterre való fölemelése. Munkásunk tehát ugyancsak derekasán dolgozik, midőn tavasz közeledtével a tél hagyatékát, a jeget, havat eltakarítja.

De még jelentékenyebb a munkája, midőn a vizet gőzzé változtatja, midőn a folyadékok részecskéit annyira szétválasztja, hogy azok szerte szét szédnek, mintha alig tartanának már egymáshoz, alig tartanának össze. Egy kilogram víznek, mely a forrpontra, tehát 100 fokig van hevítve s a levegőnek rendes nyomása alatt van, ily körülmények között egy kilogram víznek elgőzöltetése 536 hőegységbe kerül. Ha a víz például kazánba van zárva, a honnan a támadó gőz nem szabadúlhat, hanem neki feszül a víznek, akkor az ily tetemesebb nyomás alatt 100 foknál magasabbra kell emelni a víz hőmérsé-

*) (Kerek számmal 600 mázsának).

két, hogy gőzzé válhassék. Számítsuk ki már most a megfelelő munkát: a hőegységnek 424 km. munka felel meg, 536 hőegységnek tehát $424 \times 536 = 227,264$ km. Munkásunk e szerint, midőn egy kilogr. vízből az említett körülmények között gőzt képez, akkora munkát hajt végre, mintha 227,264 kilogramnyi (kerek számmal 4000 mázsányi) terhet egy méter magasságra emelne. Így jut a gőz azon roppant munkaképességhez, mely alkalmmalig érvényesíti magát. A gőzgépeknél például a gőz neki feszül egy dugattyúnak s ezt fel s alá taszigálja, ez alkalommal tehát kiszolgáltatta a benne mintegy felhalmozott munkát: a végre hajtott munkával arányosan fogy munkaképessége is, és ennek elfogytával visszatér elébbi állapotjába, azaz vízzé válik. A felhozott számok némi fogalmat adhatnak arról, mily roppant munkaerővel rendelkeznek gőzgépeink.

Befejezésül adjunk még számot azon munkaerőről, melyet hó alakjában a nap áraszt le földünkre. Vakmerő vállalat, de, ha teljes sikerrel nem is, végre hajható. E kérdést lehető szabatosággal megoldani P o u i l l e t, francia physikus törekedett. Ő egy alkalmas olényt megtöltött vízzel, és befödte kormos üveggel; a korom azon testek közé tartozik, melyek a hősugarakat a legnagyobb mértékben benyelik, az üvegfödő ez okból volt korommal bevonva. Ezt az edényt azután a verőfényen úgy állította fel, hogy a nap sugarai függőlegesen lőveltek a fedőre, s megfigyelte, hogy bizonyos idő alatt, például 5 percnyi időközben, mennyivel emelkedett a víz hőmérséke. Ez adatból kiszámította, mekkora meleget fejtenek ki a nap sugarai bizonyos idő alatt oly területen, mint az edény fődője. Számba véve a körülményeket, melyek e melegítés alkalmával befolyással bírnak, mint például a nap magasabb vagy alantabb helyzetét az ég boltozatján, a légkör azon hatását, hogy a hősugarak egy részét kisebb-nagyobb mértékben elnyeli — azon eredményre jutott, hogy az a hőmennyiség, melyet földünk egy éven át a naptól kap, elégséges volna egy földgömbünket beborító s 31 méternyi vastag jégkéreg felolvasztására. Föltevése e mellett az, hogy a légkör semmi meleget sem tartóztatna föl, s hogy az ily módon földünkre jutó meleg mind jégolvasztásra fordíthatnók. Egy négyszög méternyi területre tehát éven át annyi meleg jut, hogy az képes volna egy jég oszlopot megolvasztani, melynek alapja 1 □ méter, magassága 31 méter, térfogata tehát 31 köbméter. Egy ily terjedelmű jégoszlop súlya 27,900 kilogram, s minthogy egy-egy kilogram jég megolvasztása, mint már kiszámítottuk, 33496 km. — kerek számmal 600 mázsányi — munkát képvisel, a szóban forgó hőmennyiség $33496 \times 27900 = 934,538,400$ km. munkával egyenlő értékű. Más szóval: ha azt a meleget, melyet éven át a nap földünknek egy-egy négyszög méternyi területére lővell, összehalmozni lehetne, ez összehalmozott melegben annyi volna a munkaképesség, mint azon erőben, mely 934,538,400 kilogramot 1 méternyi, vagy kerek számmal 17 millió mázsát fél ölnyire bir emelni.

Szükségtelen tán megjegyezni, hogy e számok szabatoságra igényt nem

tarthatnaak, s inkább arra valók, hogy némi képét szolgáltatásuk azon rengeteg munka-erőnek, melylyel a nap földünket hő alakjában alárasztja.

De hatalmas munkálkodásának nyoma meg is látszik a földi élet minden ágában: az állat- és növény-világban, a légkör meg az óceán mozgalmában, a föld delejességében s villamos áramlataiban.

Itt van helye megemlíteni, hogy földünk nem csak a naptól kölcsönöz meleget, hanem saját maga is bír a melegnek tárházával, még pedig saját méhében. A föld belsejében uralkodó hőséget értem, melynek hatása alatt az ottani anyagok izzóan, forrongva kavarnak, vagy mint rengeteg munkabíró gázok feszengenek. E melegnek munkássága azonban koránsem oly áldásos mint azé, melyet a nap áraszt földünkre: nem éltet sem állatot sem növényt s általában a földszínen leginkább, mint háborgató, felforgató, forradalomkeltő elem jelentkezik. Áldott munkásunkat mintha dühre ingerelné, hogy a föld sötét gyomrába van rekesztve — mihelyt szerét ejtheti, érezteti a föld színével ijesztő hatalmát. Majd megrázza, megrengeti a föld kérgét; majd rést találva tüzet, hamut hány, s roppant tömegű izzó anyagokat, köveket lökdös ki a tűzokádók kürtőin; majd szigeteket taszít föl a tenger fenekéről, vagy egész nagy darab szárazföldeket emelint meg; többnyire dörmögve, dörögve végzi emitt romboló, amott építő munkáját, melyet az erőszakosság jellemez — de az is megtörténik, hogy némán, csendes megátalkodottsággal dolgozik, és század hosszant lassan, nesztelenül tologat föl száz meg ezer négy-szög mértföldnyire terjedő földterületeket. Azonban munkásunknak mindezen — a v u l k á n s á g neve alatt ismeretes — működését ezúttal csak alig érintve említhetjük meg, mert részletesebb leírása tüzetesebb munkát érdemel.

Az az elv, hogy a munka meg a meleg egyenértékűek, termékenységre nézve ritkítja párját, alig tűnt fel a tudományban s már is dús gyümölcsöket érlelt mind az elméletben mind a gyakorlatban. Amott sok tény újabb, tisztább világításban jelent meg; tüneményeknek — melyek eddig balra vagy épen nem voltak megmagyarázva — megtalálkozott a nyitja; a látkör tágult s új kilátások tárultak föl; a természeti hatók szoros rokonsága, a hatások kölcsönös kapcsolata és csereviszonya szembeszökőleg megnyilatkozott s a hőnek újabb kori elmélete erős érvekben, támaszokban gyarapodott. A gyakorlatban pedig az új felfogás egész forradalmat indított a gőzgépek körül; tudva, hogy bizonyos hőmennyiségben, melyet a tüzelő nyújt, mekkora munka-bíró erő rejlik, a gépészek egyre tökéletesítik gépeiket oda törekedve, hogy e munka-erőből minél kevesebb illanjon el mint meleg, s minél kevesebb használdójék el sükertelen munkában. Napjainknak egyik főgondja: az olcsó munka — olcsó nem annyiban, hogy kisebb meleg árán lehessen több munkát vásárolni, mert e két mennyiség aránya dönthetetlenül meg van állapítva s kizár minden alkudozást, de olcsó annyiban, hogy a melegben rendelkezésünkre álló munka-képesség minél tetemesebb részét fordítsuk hasznavehető munkára.

A hő működésének legjelentékenyebb részleteit, habár némelyikét csak futólag érintve is, elé soroltuk — de ezzel még koránsem jártuk végtől végig munkássága határát. Nem említettük például, hogy a meleg bizonyos esetekben felkölti álmából azt a varázslót, melyet villanyosságnak nevezünk. Elég, ha két összeforrasztott fémdarab a forrasztó helyeken különböző hőmérsékű, s a fémekben megindul a villanyos áram. Ezen áramok gyengébbek ugyan, de egyjelleműek a galván áramokkal s rendkívül érzékeny hőmérőkül szolgálnak, a mennyiben a hőmérséknek igen-igen csekély változásánál is már fölébrednek s e változást megjelentik. A jelentés a delejtűnek eltérítése által történik: a huzal, melyben a hővillanyos áram kering, sokszorosán kerül meg a könnyen libegő delejtűt, hogy ez már az igen gyenge áram hatását is megérezhesse. Valószínű, hogy a földünket átjáró villanyos áramok egyrészen legalább szintén onnan erednek, hogy a földrétegek hőmérséke a nap helyzetéhez képest különböző és egyre változik.

A hővillanyosságnak egy másik faja az, mely a kristályoknál fordul elé. Sok kristály ugyanis oly tulajdonságú, hogy ha hőmérséke változik, ha melegszik vagy hül, villanyos feszültséget mutat. E tulajdon kiválóan jelentkezik a turmalinnál.

A villanyosságnak édes testvére a delejesség, és mégis a meleg — mily különös — míg amazt életre serkenti, az utóbbinak halálos ellensége és vesztére tör. A fehér izzásig hevített vasban a legerősebb delejjel sem költetni fel a delejességet. Kisebb fokú melegítés a delejnek erejét hol tartósan hol mulólag csökkentti, erősebb hevítés pedig végkép és tartósan megsemmisíti. Lehet, hogy a delej részecskéinek kapcsolata a hőmérsék emelkedésekor megglazulván, mozgékonyosságuk növekedvén, ez a körülmény gyakorol befolyást a részecskék delejességének csökkentésére vagy éppen megsemmisítésére.

Végre nem hagyhatjuk szó nélkül, mily tevékeny részt vesz a mi munkásunk a testek vegyi szövetkezéseinél és bomlásainál. Némelykor csak mint e szövetkezések és elválások pártfogója s elémozdítója szerepel, máskor azonban összeszedve erejét oly hathatósággal működik, oly dolgokat végez, melyek voltaképen a vegyvonzás hatáskörébe tartoznak. A meleg az ő taszító, feszítő, lazító munkájával meg nem állapodik a testek részecskéinél, hanem még azokon belül is behatol a parányok legapróbb rejtekeibe. A parányok ennek folytán nagyobb mozgékonyasághoz, nagyobb szabadsághoz jutnak, s így könnyebb szerrel téphetik szét a kötelékeket, melyek eddig egymáshoz fűzték; kisebb erőlködésökbe kerül a régi csoportozatokból kiválni s új társakhoz szegődni. Így magyarázhatjuk magunknak azt a befolyást, melyet a meleg a vegyfolyamatok előidézésére gyakorol, s azt a tényt, hogy bizonyos hőmérséken alól, nagyobb hidegben, a vegyfolyamatok meg sem bírnak indulni. Köztudomású dolog, hogy az a vegyfolyamat, melyet égésnek nevezünk, csak bizonyos hőmérsék mellett létesülhet: a testet elébb meg kell melegítenünk — a gyufát dörzsölés

által, a kanóczot, fát, szenet valamely más égő test parázsával vagy lángjával — és csak azután következik a meggyuladás, a testnek vegyítkezése a levegő oxigénjével. Azonkívül a meleg, mint említve volt, maga erejéből is képes vegy bomlások végrehajtására; — nagy hőségben például a víz szétválék alkatrészeire, a hydrogenre meg oxygénre.

Ily szétágazó, nagy terjedelmű, hatalmas munkásság mellett föl sem tennők a melegről, hogy kedve s érkezése lehessen a szépművészetek ápolására. Pedig úgy van: komoly, fáradhatatlan munkásunk helylyel-közzel mint zenész jelentkezik. Koránsem a szél és gőz süvöltését, a pörölyök és gépek zúgó bűgó zaját értem, melyek részben szintén az ő művei; még a tüzelőnél föni kezdő víz sustorgó, bár nem kellemetlen énekét is csak melleleg érintem — vannak hangok, melyekben közvetlenebbül szól hozzánk a meleg. Így a chemikus harmonikában: ha egy cső nyílásán kiömlő hydrogén gázt meggyújtunk, s e kis láng fölé mindkét végén nyitott üveg csövet borítunk, tisztán csengő hang keletkezik. Eredete alkalmasint az, hogy a lángtól melegített levegő az üvegcsőben föl emelkedvén, a cső alsó végén nyomába tódúl a hidegebb levegő, s e lüktető áramlás aztán szabályos rezgésbe ejti magát a lángot meg az egész csövet is és — megszületik a hang. Hogy a levegő, melynek hőmérséke hirtelen váltakozik, melegedtében tágulván, hültében összehúzódván csakugyan képes ily szabályos lüktetéseket, s ezek folytán hangot előidézni: azt igazolja egy oly üvegcső éneklése, melynek üregébe, közepe táján finom vasszálakból font szita van megerősítve. Ha e szitát vörös izzóra hevítjük, az üvegcső bűsan bűgó éneket kezd, mely eleinte hangos, majd alább száll, s mire a szita kihűl, végkép megszűnik. A szitától hevített lég fölszáll s út közben hűl, nyomába pedig a cső alsó vége felől kerül hűsebb levegő, mely a forró szitán átszűrődvén, szintén fölhevül s továbbad kihűl. Hogy a hangot e lüktető légáram indítja, abból is meglátszik, hogy az ének elmarad, ha a csövet nem függélyesen, hanem vízirányosan tartjuk — ekkor ugyanis a hevített lég nem szállhat föl s oly áramlás nem keletkezik. A hőnek zeneképességéről tanúskodik a Trevelyán rezgetyűje is: rézpálcza vagy vályu, melynek külső felén hosszában barázda van vésve; e pálczát már most megmelegítik, s egy ólom darab (ólom-zsámoly) élire támasztják úgy, hogy a barázda két széle érintkezik az ólommal. A forró rézzel érintkező ólom fölhevülvén, az érintés helyén kitágul, mintegy kidagad, s a réz pálczát megemelintí — de csakhamar kihűlvén, vissza eresztí — ez történvén a barázdának hol egyik hol másik szélén, a réz pálcza billegni kezd, még pedig oly szaporán, hogy hangot indít. S ki ne emlékeznék meg itt Memnon zengő szobrairól, az ó világ csodáiról, melyek, a mint a reggeli nap első sugarai érték, megzendültek, mintegy a fölkelő nap dicséretére? Nem szólalnak meg többé, szavok rég elcsendült az évezredek zajában, s mi csak sejtve szólhatunk hozzá, hogy e kőszobron tán afféle repedékek találkoztak, hogy az ott tartózkodó levegő a kelő nap sugaraitól

fölbevívlnén, afféle lüktető áramlásnak indúlt, mint a főnebb említett csövekben.

Nem tudom, sikerült-e elevenebb képbe gyűjtenem e hatalmas munkás erőteljes vonásait; és sejdíttetnem a fontos szerepet, mely őt a természet háztartásában megilleti. Ha szabad e háztartásnak egy valamelyik tényezőjét a mozgató, éltető, felszabadító elem nevével kitüntetni, úgy ezt bizonyára a meleg érdemli meg. Nyomában mozgalom, pezsgés, élet keletkezik; a hol gyéren fordul meg — a földszarkok jégsivatagos vidékein — eltörpül, elcsenevész állat és növény, ő indítja meg a szeleket s a tenger tömeges áramlásait, melyek megnyitják s könnyítik a közlekedést és csereviszonyt a föld különböző tájainak termékei s népei között, elé mozdítva úgy az eszmék, mint a növénymagvak és csirák elszállítását, s nem engedve, hogy a lég, a víz tétlen pangásnak eredjen; ő emeli föl a magasba az óceánok mérhetlen felszínéről elpárologatott roppant víztömegeket, hogy mint köd, harmat, eső, hó térjenek ismét vissza a föld színére; ő az a régi *Vulkán* istenség, mely föld alatti iszonyú kohóban mai nap sem szüntette meg munkáját; ő szabja meg a testek halmozatát: ő oldja föl a szilárd testek merev kapcsait, s felruhazza a folyadékok könnyed, játszi mozgékonyásával — ő szabadítja föl még ezen kötelekek alól is, és mint gázoknak szinte korlátlan tért nyit a mozgásra, a szerte széledésre; lenyúl a parányokig, meglazítja szövetségeiket és utat enged, hogy, ha tetszik nekik, másként csoportosuljanak. Taszítás és lazítás, elválasztás és felbomlás — ez az ő főmunkája, s törekvését úgy lehetne jellemezni, hogy a testek elemeit fölszabadítja s elevenebb mozgásra, szorgalmasabb munkásságra serkenti.

Miután munkásunk roppant tevékenységéről némi fogalmat szereztünk magunknak, ez az érdekes ismeretlen még inkább fölingerli kíváncsiságunkat, s vissza nem fojthatjuk vágyunkat, hogy ki s miléte bármi gyenge nyomait kipuhathassuk. Ejtsünk még tehát néhány szót erről is, mielőtt elbúcsúzunk tőle.

Az a körülmény, hogy a sugárzó hő csaknem minden részben úgy viseli magát mint a fény, e két hatót rokonokul tünteti föl, s méltán gerjeszti föl azt a sejtelmet, hogy mivoltukra nézve a fény és meleg hasonlók. Minthogy pedig az a föltevés, hogy a fény rezgési jelenség, igen erős alapokra támaszkodik, nem kétkedünk a meleget is ezen jelenségek közé sorozni. Ama finom, ismeretlen anyagnak, az éthernek, vagy a test-részecskéknek, vagy pedig mindkettejének együttes rezgései idézik-e elő a hőtüneményeket, egyelőre nyílt kérdésül marad. De, hogy a meleg csakugyan ilyféle mozgás, azt a meleg meg munka közötti csereviszony erősen támogatja. Mert így fogván föl a meleg természetét, a munkának meleggé s a melegnek munkává való átalakulásáról egyszerűen számot adhatunk magunknak. Ugyanis, mi a munka? a tömegnek egészben való mozgása; és mi a meleg? a tömeg részecskéinek rezgő

mozgása. Midőn a tömeg mozgásában akadályra talál — például surlódás vagy összeütközés következtében — e mozgás nem enyészik el, csak átváltozik, t. i. a tömeg részecskéire ruháztatik át: az eltűnt munka melegben üti ki magát; midőn viszont a részecskék mozgása oly erőre kap, hogy a tömeg mozgását, — tágulást, a részecskék elválását, elszéledését — idézi elő, akkor a meleg munkát végez, s a rezgő mozgás erélye — mely a hőmérsékben nyilatkozik — oly mértékben csökken, a mily mértékben a tömeg mozdítására szolgált, vagy is a jelentkező munka arányos hőmennyiséget fogyaszt el.

Ez az újabb kori elmélet nézete munkásunk kiléte felől; s magatartása és munkálkodása, melyet a tudomány lankadatlan erélylyel, s kitünő ügyességgel nyomoz, több meg több részletet rántva ki a homályból, e nézet támogatására napról napra meggyőzőbb bizonyítékokat szolgáltat.

GREGUSS GYULA.



Creative Commons License Deed

Nevezd meg! - Így add tovább! 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Ez a [Legal Code \(Jogi változat, vagyis a teljes licenc\)](#) szövegének közérthető nyelven megfogalmazott kivonata.

[Figyelmeztetés](#)



A következőket teheted a művel:

szabadon másolhatod, terjesztheted, bemutathatod és előadhatod a művet

származékos műveket (feldolgozásokat) hozhatsz létre

kereskedelmi célra is felhasználhatod a művet

Az alábbi feltételekkel:



Nevezd meg! — A szerző vagy a jogosult által meghatározott módon fel kell tüntetned a műhöz kapcsolódó információkat (pl. a szerző nevét vagy álnévét, a Mű címét).



Így add tovább! — Ha megváltoztatod, átalakítod, feldolgozod ezt a művet, az így létrejött alkotást csak a jelenlegivel megegyező licenc alatt terjesztheted.

Az alábbiak figyelembevételével:

Engedélyezés — A szerzői jogok tulajdonosának engedélyével bármelyik fenti feltételtől [eltérhatsz](#).

Közkinccs — Where the work or any of its elements is in the [public domain](#) under applicable law, that status is in no way affected by the license.

Más jogok — A következő jogokat a licenc semmiben nem befolyásolja:

- Your fair dealing or [fair use](#) rights, or other applicable copyright exceptions and limitations;
- A szerző [személyhez fűződő](#) jogai
- Más személyeknek a művet vagy a mű használatát érintő jogai, mint például a [személyiségi jogok](#) vagy az adatvédelmi jogok.

- **Jelzés** — Bármilyen felhasználás vagy terjesztés esetén egyértelműen jelezned kell mások felé ezen mű licencfeltételeit.