

A TERMÉSZETI ERŐK CSERE-HATÁSAI

ÉS

A PHYSIKÁNAK IDE VONATKOZÓ LEGÚJABB VIVMÁNYAI.

NÉPSZERŰ TERMÉSZETTUDOMÁNYI ELŐADÁS,

tartatott

Königsbergben, Porórsországban, 1854-ik évi

február 7-ikén.

A physika újabb időben egy általános érdekű vivmánnyal gazdagodott, melynek megismertetése ez alkalommal feladatunk leendő. Egy új, általános természeti törvényről lesz itt szó, mely az összes természeti erők működését s egymás iránti kölcsönös viszonyait szabályozza, s mely ép oly fontos elméleti ismereteink szempontjából mint gyakorlati alkalmazása által.

Mióta a középkor az újabb kornak helyet engedett, s a természettudományok gyors fejlődésnek indultak, azóta a

velük egybekötött gyakorlati mesterségek között a technikai mechanika, támogatva a hasonló nevű mennyiségtani tudomány által, ugyancsak gyors léptekkel haladt előre. A nevezett mesterség jelleme azon időben természetesen más volt mint most. Meglepetve és elképczve saját eredményei által, fiatalkori tüzében nem kételkedett egy feladat megoldhatóságán sem, sőt azonnal a legnehezebbek és legbonyolódottabbakra vetette magát. Így csakhamar sokan nagy szorgalommal fáradoztak élő állatokat és embereket utánozó automaták, előállításán. Vaucanson kaecája, mely evett és emésztett ugyanazon mesternek fuvolása, mely ujjait helyesen mozgatta, az idősebb Droznak író fiúja és a fiatalabbnak zongoraművésznője, mely utóbbi játszás közben kezeit szemével követte és az előadás befejezése után felállván, a közönség előtt illedelmesen meghajtotta magát, a múlt századnak megannyi esodái voltak. Megfoghatatlan volna, hogy oly férfiak, mint a nevezettek, kiknek képessége századunk legtalálékonyabb elméivel versenyezhet, oly roppant időt és fáradságot, oly bámulatos elmeelt pazaroltak volna az automaták készítésére, ha nem reménylik vala, hogy feladatuk több a gyermekes játéknál, s valóban komolyan is megoldható. Az öregebb Droz író gyermekét még néhány év előtt lehetett látni Németországban. Kerékműve annyira bonyolódott, hogy nem közönséges ész kell működési módjának csak helyes felismerésére is. Ha ezek után azt halljuk, hogy e fiú és szerkesztője a bűvészet gyakorlásával vádoltatván, jó ideig a spanyol inquisitio börtöneiben sílődtek, és felszabadításukat csak nehezen érték el, úgy ebből azt következtethetjük, hogy e játékszerek emberi hasonlósága ez időben elég nagynak látszott arra, hogy még természetes keltekezésök is kétségbe vonassék. S jóllehet e gépészek talán nem is tápláltak reményt, hogy éles elméjük szülötteibe erkölcsi tökélyekben gazdag szellemet leheljenek, mégis másfelől sokan örömet nélkülöznek szolgálk erkölcsi tökélyeit, ha ezekkel együtt erkölcsi tökéletlenség-

geik is kikerülhetők lennének, s a hús és csont mulandósága helyett a réz és aczél tartósságára tennének szert. E szerint a ezél, melyet a múlt századok találékony elméi kétségen kívül nagy komolysággal, s nem mulattató játék gyanánt tűztek maguk elé, merészen volt választva, s oly elmeéllel követve, mely nem kis mértékben gazdagította azon mechanikai segédeszközeinket, melyekkel a későbbi korszakok termékeny utakat birtak megnyitni. Ma nem iparkodunk többé oly gépeket szerkeszteni, melyek egy ember ezerféle munkáját végezzék, hanem megfordítva azt követeljük, hogy a gép egyféle munkát, de ezer ember helyett végezzen.

E törekvésből, élő lényeket utánózni — ugyancsak félreértések alapján — egy más eszme fejlődött ki, mely a 17. és 18-ik században jóformán a bölesek kövének szerepét játszotta. Az lett a feladat, perpetuum mobilét előállítani. Oly gépet értettek ez alatt, mely a nélkül hogy felhúzatnék, a nélkül hogy mozgatására leeső víz, szél vagy egyéb természeti erők fordíttatnának, magától folytonosan mozgásban maradna, mozgó erejét mindig saját működéséből meritvén. Az emberek s állatok lényegükben az ilyen gép eszméjének megfelelni látszottak, mert a míg éltek, folytonosan és erőteljesen mozogtak, a nélkül hogy valaki által felhúztak vagy megindítottak volna. A táplálkozás és erő kifejtés közötti kapcsolatról az időben még nem tudtak világosan számot adni. A táplálék jóformán csak azért tartatott szükségesnek, hogy az állati gépezet kerekeinek mintegy kenőcséül szolgáljon, s legfeljebb azért, hogy visszaállítsa a felhasználtat és megújítsa az elkopottat. Az erő kifejtés önnönmagából a szerves élet lényeges sajátosságának s valódi velejének tekintetett. Ezért kellett annak, ki az embert mesterségesen akarta másolni, előbb a perpetuum mobilét feltalálni.

Ezen kívül mellesleg még egy más remény is kecsgetett, mely a mi eszélyesebb korunkban az emberek érde-

keltségében bizonyára az első helyre tarthatna igényt. A perpetuum mobile ugyanis arra volna hivatva, hogy kimeríthetetlen munkaerőt, megfelelő fogyasztás nélkül, tehát semmiből teremtsen. De a munka pénz. Arannyal kecsgetett a nagy, gyakorlati feladat, mely minden század ravasz főit különböző utakon mozgásba hozta, t. i. a feladat: pénzt semmiből teremteni. A hasonlatosság a bölesek kövével, melyet a régi alchymisták kerestek, tökéletes volt; ettől is azt várták, hogy a szerves élet velejét magában foglalja, s képes legyen aranyat előállítani.

A jutalom, mely keresésre ingerelt, gazdag volt, s a keresők képességét általában nem szabad kicsinyelnünk. Maga a feladat egészen alkalmas volt arra, hogy okoskodó szellemeket hálójába kerítsen, éveken át körben körül vezessen, s a látszólag mindig közelebről intő reménytől folyvást megesalatra, végre az örültségig megzavarjon. De ez agyrémet sehol sem lehetett megragadni. Csaknem lehetetlennek tartom e fáradozások történetének megírását, mert a józanabb fők, mint például az öregebb Droz, maguk meggyőződésük kísérleteik eredménytelenségéről, nem szerettek e tárgyról sokat beszélni. A zavartabb elméjük azonban minduntalan hirdették, hogy a nagy eredményhez eljutottak, s mivel állításuk hamissága csakhamar bebizonyult, az egész dolog rosz hírbe jött, s így a nézet, hogy a feladat meg nem oldható, mindinkább általánossá vált. Más oldalról a mennyiségtani mechanika az ide tartozó feladatok egyikét a másik után megoldotta, s végre általánosan és szigorúan bebizonyította, hogy legalább tisztán mechanikai erők használata mellett, a perpetuum mobile előállítása nem lehetséges.

E helyen a gépek mozgó erejének vagy munkaerejének fogalmára jutottunk, melylyel később még sok dolgunk leend. Meg kell tehát értelmét magyaráznom. A munka fogalma a gépekre bizonyára csak át lett véve, a mennyiben működésük az emberek és állatok működésével hason-

lített össze, melyeknek helyettesítésére rendeltetve vannak. A gőzgépek munkáját még ma is lóerők szerint szokás megbecsülni. Az emberi munka értékét részben a vele járó erő kifejtés szerint (az erősebb munkást többre becsülik), részben a kifejtett ügyesség szerint állapítják meg. Egyes munkásokat nem lehet rögtön a kellő számban teremteni; képesítésre és oktatásra van szükségök, és kiművelésök időt és fáradságot igényel; a gép ellenben, ha valamiféle munkát jól elvégez, mindenkor kellő számban állítható elő, ezért ügyességének oly túlnyomó értéke nincs, mint az emberi ügyességnek oly tereken, hol gépek által nem helyettesíthető. A munka-mennyiség fogalma ez okból kizárólag az erő kifejtés becsülésére szorítkozik, s ez azért is fontos, mert a legtöbb gép tetteleg arra van rendeltetve, hogy hatásainak erőssége által az embert és állatot fölülmulja. Ez okból a munka fogalma mechanikai értelemben az erő kifejtés fogalmával vált azonossá, s így fogom azt a következőkben használni.

De miként lehet az erő kifejtést mérni s különböző gépeknél összehasonlítani?

Kénytelen vagyok itt önöket rövid időre a mennyiség-tani mechanikai fogalmak rideg mezejére vezetni, hogy ezen át oly álláspontra juthassunk, melyről gazdagabb kilátás nyílik szemünk előtt; s bár a példa, melyet kiindulási pontul választok: „vizi malom vashámmal“ maga még elég regényes színezetű, sajnálkozásomra mégis kényszerítve vagyok az árnyas völgyet, a tajtékzó patakot, a szikrázó kürtöt s a fekete cvelópokhoz hasonló alakokat hallgatással mellőzni, s a figyelmet egy pillanatra a gépszerkezet kevésbé költői részleteire irányítani. Egy vizikerék hajtja, melyet leeső víztömegek mozgatnak. A vizi kerék tengelye helyenként kis nyújtványokkal, fogakkal van ellátva, melyek a forgás közben a súlyos kalapácsok nyeleit megfogják, előbb felemelik s aztán újra leejtik. Az első kalapács az alája tolt fémtömeget munkálja meg. A munka tehát, melyet

a gép ez esetben végez, abban áll, hogy a kalapács tömegét emeli, mit csak e tömeg nehézségének legyőzése által tehet. Erő kifejtése tehát, egyébként megegyező körülmények között, mindenek előtt a kalapács súlyával lesz arányos, tehát péld. kétszeres lesz az oly gépnél, mely kétszeres súlyt emel. De a kalapács hatása nem csak a súlytól, hanem azon magasságtól is függ, melyről leesik. Ha két lábnyira esik, úgy hatása nagyobb lesz, mintha csak egy lábnyira esett volna. Világos azonban, hogy ha a gép a kalapácsot bizonyos erő kifejtés mellett egy lábbal emelte, úgy még egyszer kénytelen ugyanazon erő kifejtést gyakorolni, hogy azt egy második lábbal magasabbra emelje. A munka tehát nem csak akkor lesz kétszeres, midőn a kalapács súlya kétszeressé válik, hanem akkor is, midőn az esési magasság kétszeressé válik. Látjuk ebből, hogy a munkát az emelt súly és az esési magasság szorzata által kell mérnünk. A mechanika tetteleg így méri azt. A munka mértékét egy lábfontnak nevezi, a mi tehát nem egyéb, mint azon erő kifejtés, mely arra szükséges, hogy egy fontnyi súly egy lábbal magasabbra emeltessék.

Mig tehát vashámmunka abban áll, hogy a súlyos kalapácsok felemeltetnek, addig a mozgó erő, mely a gépet hajtja, a leeső víztömegek által hozatik létre. Nem szükséges erre, hogy a víz mindig merőlegesen essék alá, gyengén hajlított mederben is folyhat lefelé; a lényeges csak az, hogy ott, hol vizi malmokat kell hajtania, magasabb helyről mélyebb felé mozogjon. A tapasztalat és az elmélet egyaránt arra tanítanak, hogy valahányszor egy mázsás kalapácsot egy lábnyira kell emelni, arra mindig legalább egy mázsa víznek kell egy lábbal alább esni, vagy a mi azzal egyenértékű, két mázsának egy fél lábbal, vagy négy mázsának egy negyed lábbal s i. t. Egy szóval, ha a leeső víz súlyát esése magasságával szorozzuk, s e szorzatot a víz munkájának mértékéül tekintjük, hasonlóan mint azt a kalapácsra nézve tettük, úgy a gép által a kalapács emelése közben végzett munka, lábfontokban kifejezve, legjobb esetben

is csak ép oly nagy lehet, mint az ugyanazon idő alatt aláső víz munkájában foglalt lábfontok száma. A valóságban ez eredmény nem is lesz elérhető; az aláső víz munkájának nagy része használatlanul vész el, s pedig leginkább azért, mert a nagyobb sebesség kedvéért a mozgató erő egy részét örömet feláldozzuk.

Hozzá teszem még azt, hogy e viszony ugyanaz marad, a kalapácsokat akár közvetlenül a vízi kerék tengelye mozgatója, akár e kerék mozgása közbeiktatott fogas kerekek, végtelen csavarok, csigák és kötelek által vitetnék át a kalapácsokra. Ily eszközök által ugyan elérhetjük azt, hogy a vízmű, mely első, egyszerű berendezésében csak egy mázsás kalapácsot emelhetett, képesítve lesz tiz mázsásat emelni, de e mellett azt fogjuk látni, hogy e nehezebb kalapácsot vagy csak a magasság tizedrészére emeli, vagy az emelésre tizszer annyi időt igényel, úgy, hogy végre is bármennyire fokoznók gépművek által a működő erő erősségét, azért mégis bizonyos idő alatt, míg a patak bizonyos víztömeget szolgáltat, mindig csak egy bizonyos nagyságú munka fog végeztetni.

Gépünk tehát egyelőre nem tett egyebet, mint felhasználta az aláső víz súlyát a kalapácsok súlyának legyőzésére és emelésére. Mihelyest a kalapácsot kellő magasságra emelte, azonnal elbocsátja; ez ekkor leesvén, az alája tolt fémtömegeket kikészíti. De miért gyakorol a leeső kalapács nagyobb hatást, mint akkor, ha csupán súlyával hagyjuk ama fémtömegekre nehezedeni? Miért növekszik hatása a magassággal, melyről alásett, s így a sebességgel, melyet esése közben elért? Azt látjuk itt, hogy a kalapács munkaképessége sebességével függ össze. Mozgatott tömegek sebessége más alkalommal is ezélszerű eszközül szolgálhat nagy hatások létrehozására. Csak a kilőtt puskagolyók romboló hatásaira kell emlékeztetnem, melyek nyugvó állapotban a legártatlanabb tárgyak; vagy a szélalmokat hozhatnám fel, melyek a hajtóerőt a mozgatott levegőtől kölesönzik. Valóban meg-

lephet az, hogy a mozgás, mely az anyagi testeknek jóformán lényegtelen és mulandó tulajdonául tűnik elő, oly roppant hatásokat bír gyakorolni. A mozgás azonban a rendes körülmények között csak azért látszik annyira mulandónak, mért a földi testek mozgásait folytonosan ellenálló erők, surlódás, légellenállás s t. e. akadályozzák, úgy, hogy folytonosan gyöngülvén, végre megszűnnek. Az oly test ellenben, melyet ellenálló erők nem akadályoznak, egyszer mozgásba hozva, örökké változatlan sebességgel mozog tovább. Így, tudjuk, hogy a bolygók a világűr évezredek óta változatlan utakon szelik át. Csak ellenálló erők képesek a mozgást lassítani vagy megszüntetni. Minden mozgatott test, ha másikba ütközik, ezt az ütő kalapács vagy kilőtt golyó módjára összenyomja, s belehatol mindaddig, míg az ellenálló erők, melyeket a megütött test összenyomatásának vagy részei szétválasztásának ellenében kifejti, elég nagy arra, hogy a kalapács vagy golyó mozgását megsemmisítse. Valamely tömeg mozgását, a mennyiben az munkaerőt képvisel, e tömeg eleven erejének nevezzük. Az „eleven“ szó itt természetesen nem élő lényekre vonatkozik, hanem csak a mozgásban rejlő erőnek megkülönböztetésére a változatlan megmaradás nyugodt állapotától, melyben például a nyugvó test súlya szunyad, midőn alapjára bár folytonosan nyomást gyakorol, de mozgást létesíteni nem képes.

Ekként a vashámorban a munkaerőt először az esővíz, másodszer az emelt kalapács, s végre harmadszor az eső kalapács eleven erejének alakjában látjuk. A munkaerő ezen harmadik alakját ismét a másodikba alakíthatnók át, ha a kalapácsot nagyon ruganyos acél rúdra ejtetnők, mely elég erős lenne, hogy ütésének ellenálljon. Ez esetben visszapattanna az, és pedig legjobb esetben ép oly magasságra, mint a minőről alásett, de soha magasabbra. Tömege tehát újra felemelkedvén azon pillanatban, midőn legmagasabb állását elérte, a lábfontok ugyanazon értékét képviselné, mint az esés előtt, de nagyobbab sohasem, tehát más szavakkal: az

eleven erő ép oly nagy munka mennyiséget képes előállítani, mint az, a melyből keletkezett. Ez eleven erő tehát eme munkával egyenértékű.

Fali óráinkat súlyok, zsebóráinkat felhúzott rugók mozgatják. A súly, mely a földre ért, vagy a rugó, mely meglazult, hatást többé létre nem hozhat; erre szükséges, hogy a súlyt előbb felemeljük vagy a rugót megfeszítsük. Ez történik akkor, midőn óráinkat felhúzzuk. Az ember, midőn az órát felhúzza, ennek súlyával vagy rugójával bizonyos munkaerőt közöl, s az a következő huszonnégy órában apránként épen annyit ad ki, mint a mennyi vele felhúzás közben közöltetett, e munkaerőt lassanként a kerekek surlódásának s az ingára gyakorolt ellenállásnak legyőzésére használván fel. Az órának kerékműve tehát nem teremt új munkaerőt, hanem csak a vele közöltet hosszabb időre egyenletesen elosztja.

A szélpuska agyába, nyomó szivattyú segítségével, beszerítünk sok levegőt. Ha azután a csapot megnyitjuk, s a megsűrített levegőt a puskaesőbe eresztjük, úgy az a belé tett golyót hasonló hatalommal hajtja ki, mint a meggyuladt puskapor. Meghatározzán a munkát, melyet a lég beszivattyúzása közben végeztünk és az eleven erőt, mely a golyóval kilövetésekor közöltetett, azt fogjuk találni, hogy ez utóbbi soha nem nagyobb az elsőnél. Az összenyomott lég nem teremtett munkaerőt, hanem csak a benne rejlőt adta át a kilőtt golyónak. S míg mi a puska megtöltése végett talán egy negyedóraig szivattyúztunk, addig e munkaerő a kilövés néhány másodpercében használtatott fel, s így, mivel működése ily rövid időre volt összpontosítva, a golyóval sokkal nagyobb sebességet közölt, mint azt karunk egyszerű hajtás által tehetne volna.

E példából láthatjuk azt, mit a mennyiségtani elmélet a tisztán mechanikai, azaz tisztán mozgató erőkre nézve kimutatott, hogy t. i. összes gépeink és eszközeink hajtó erőt nem teremtenek, hanem csak más alakban felhasználják a

munkaerőt, melyet velük vagy az általános természeti erők, a leeső víz és a mozgó szél, vagy az emberek és állatok izomerői közöltek. Mióta e törvényt a múlt század nagy matematikusai megállapították, azóta csak zavaros s tanulatlan elmék foglalkozhattak az oly perpetuum mobile keresésével, mely tisztán mechanikai erőknek, nehézség, ruganyosság, folyadékok és gázok nyomásának használatára lenne alapítva. De ezeken kívül még tág terét ismerjük az olyan természetierőknek, melyeket mint a hőt, elektricitást, fényt, magnetismust s a vegyrokonság erőit tiszta mozgató erőknek nem tekinthetünk, s melyek a mechanikai folyamatokkal mégis a legváltozatosabb összeköttetésben állanak. Alig ismerünk természeti folyamatot, melynél mechanikai hatások nem jönnek létre, s melyből mechanikai munka nem nyerethetnék. A perpetuum mobile kérdése tehát e téren még nyitva állott, s épen e kérdésnek eldöntése képezi az újabb physika leglényegesebb haladását, melyről ígéretem szerint szólanom kell.

A szélpuskánál az ember karja volt az, mely a levegőt beszivattyúzzán, a kilövésre szükséges munkát előállította. A közönséges tüzpuskáknál ellenben a golyót kihajtó, megsűrített gáztömeg a puskapor elégeése által, tehát egészen más úton jő létre. A puskapor ugyanis elégeésekor nagyrészt gázalakú égési terményeket szolgáltat, melyek sokkal nagyobb térbe törekednek kiterjeszkedni, mint a milyen előbb a por térfogata volt. Látjuk ebből, hogy a puskapor használata azon munkától kimél meg, melyet a szélpuskánál karunkkal kellett volna végeznünk. Leghatalmasabb gépünkben, a gőzgépben ugyanesak erősen összenyomott gázalakú testek, a vizgőzök azok, melyek terjeszkedő törekvésük által a gépet mozgásba hozzák. Itt sem használunk külső mechanikai erőt a gőzök megsűrítésére, hanem a zárt gőzkatlanban foglalt vízhez hőt vezetvén, azt gőzzé változtatjuk, mely helyszüke miatt azonnal erős nyomás alatt keletkezik. A hő tehát azon tényező, mely ez esetben a mechanikai erőt elő-

teremti. Ezen, a gép fűtésére szükséges hőt több, különböző módon tudnók előállítani; legegyszerűbben a szén elégetése által.

Az égés vegyi folyamat. Léghőnk egyik alkatrészének, az oxigénnek hatalmas vonzó ereje, vagy mint a vegyész szokta mondani, nagy rokonsága van az éghető testek alkatrészeihez; de az többnyire csak magasabb hőmérséknel bír hatásossá válni. Mihelyest valamely éghető testnek, például a kőszénnek egy része kellőleg felmelegedett, a szén azonnal hevesen egyesül a léghő oxigénjével azzá a sajátos gázalakú testté, melyet szénsavnak nevezünk, s mely a pezsgő sör, vagy a champagne-i bor belsejéből felszáll. Ezen egyesüléskor hő és fény keletkezik, a mint egyáltalában nagy vegyrokonságú testek egyesülésekor hő mindig, s ha a hőmérsék az izzás fokáig emelkedik, fény is keletkezik. A gőzgépnél tehát végre is vegyi folyamatok s vegyi erők azok, melyek bámulatos munkaképességét létrehozzák. A lőpor elégetése ugyanesak vegyi folyamat, mely a puskában a golyónak eleven erőt kölcsönöz.

Míg a gőzgép a hőt mechanikai munkává alakítja, az alatt mechanikai erőkből hőt is állíthatunk elő. Minden ütés, minden surlódás megteszi ezt. Az ügyes kovács a vaséket pusztán kalapácsolás által izzásba bírja hozni; kocsikerekeink tengelyeit csak folytonos kenés által óvhatjuk meg a surlódástól származó meggyulladás veszélyétől. Sőt e folyamat nagyobb mérvekben már gyakorlati használatra is talált. Egyes gyárakban, melyek felesleges vizerővel rendelkeztek, arra használták ezt, hogy két nagy vaskorong, melyek közül az egyik tengelye körül forgott, kölcsönös surlódás által erősen felhevítették. Az így nyert hő a szobát melegítette, s így e szerkezet, tüzelő szer nélkül, kályhával szolgált. Nem lehetne-e ebből kiindulva a korongokban keletkező hőt egy kis gőzgép fűtésére használni, mely viszont képes volna a korongok mozgását fentartani? Hisz akkor a perpetuum mobile fel volna találva. E kérdést csakugyan fel lehetett állítani, s azt a régi mennyiségtani mechanikai kutatások alapján eldönthető

nem is volt. Előre megemlítem, hogy az általános törvény, melyet önök előtt kifejtteni szándékozom, e kérdésre nemmel fog felelni.

Rövid idővel ezelőtt egy vállalkozó amerikai, Európa iparos köreit ehhez hasonló tervvel hozta izgalomba. A közönség előtt a magneto-elektrikus gépek mint csúzos betegségek gyógyszerei ismeretessé váltak. Az ily gép mágneseit gyors forgó mozgásba hozván, erős elektrikus folyamatot nyerünk. Ha e folyamatot vizen vezetjük át, úgy az két alkatrészére, az oxigénre és hidrogénre bontatik. A hidrogén elégetése újra vizet képez. Ha ez elégetés nem a léghő levegőben, mely csak ötödrésztében áll oxigénből, hanem tiszta oxigénben történik, úgy a lángba darabka krétát helyezvén, ez fehér izzó lesz s a nap fényéhez hasonló Drummond-féle fényt adja. E láng egyidejűleg jelentékeny hőt fejleszt. Amerikai emberünk a víz elektrikus elbontása által nyert gázokat ily módon akarta értékesíteni, s azt állította, hogy elégetésüknél elég hőt nyert arra, hogy azzal egy kis gőzgépet fűtsön, mely a magneto-elektrikus gépet hajtván, a vizet elbontaná s így fűtő anyagát maga folytonosan előállítaná. Valóban a világ legpompásabb felfedezése volna ez, egy perpetuum mobile, mely a mellett, hogy hajtó erőt állít elő, még a napfényvel mérkőző fényt is teremtene s szobáinkat is melegítené. A dolog nem is volt rosszul ki-gondolva. A kijelölt folyamat minden egyes izé lehetségesnek látszott, s csak azok, kik már akkor foglalkoztak a mai tárgyunkra vonatkozó physikai buvárlatokkal, mondhatták az első hírek hallatára, hogy az egész dolog a mesés Amerika regéinek sorába tartozik; s később valóban kitűnt, hogy az egész dolog csak mese volt.

Szükségtelen még több példát egymásra halmozunk. Látjuk már az eddigiekből, mily szoros az összeköttetés egyrészt a hő, ruganyosság, magnetismus, fény és vegyrokonság, másrészt a mechanikai erő között.

A természeti erők eme változatos nyilvánulási módjainak mindenike képes mind a többit mozgásba hozni, még pedig többnyire nem csupán egy, hanem több, különböző uton. Mint a takács remekműve,

Hol egy lépésre száz fonal jár,
Vetéllő röpköd izibe,
Láttatlan hajlik szálba szál,
Száz kapesot egy ütés talál. *

Világos azonban, hogy ha bármi módon sikerülne mechanikai erők által az amerikai tervének értelmében vegyi, elektrikus vagy egyéb folyamatokat létre hozni, melyek valami körúton, a gép tömegeinek állandó megváltoztatása nélkül újra mechanikai erőket, még pedig nagyobb mennyiségben állítanak elő, mint a mennyi eredetileg felhasználtatott: úgy a nyert erő egy részét arra lehetne használni, hogy a gépet mozgásban tartsa, a munka fölöslegét pedig más tetszőleges célokra lehetne használni. A ki a természeti erők bármiféle, bonyolódott csere-hatásainak felhasználásával, mechanikai folyamatokból kiindulva, felfedezte volna a körutat, melyen vegyi, elektrikus, magnetikus és thermikus folyamatokon át ismét mechanikaiakhoz lehet jutni, s pedig úgy, hogy e körúton a mechanikai munka mennyisége szaporodjék, — az a perpetuum mobilét megtalálta volna.

Az első kísérletek sikertelensége azonban óvatosságra intett s a legtöbbeket kijózanította. Így nem is történt sok kísérlet oly szerkezetek előállítására, melyek a perpetuum mobilé-t eredményezték volna, hanem a kérdést megfordították. Nem kérdezték többé azt: miként kellene a természeti erők ismert és ismeretlen összeköttetéseit felhasználni arra, hogy perpetuum mobile készíttessék? hanem inkább azt: mily összeköttetéseknek kell a természeti erők között fennállani akkor, ha azok a perpetuum mobile lehetőségét kizárják?

* Goethe: „Faust“, fordította Dóczy Lajos

A kérdés ezen megfordításával minden meg volt nyerve. Könnyű dolog volt a természeti erők azon összeköttetéseit megállapítani, melyek az utóbbi feltevésnek megfelelnek; s valóban kitűnt, hogy az erők minden ismert összeköttetése ama feltevés követelményeinek eleget tesznek, s kitűnt, hogy még egyéb, addig ismeretlen összeköttetéseknek is kell fennállani, melyeknek tényleges valósága még további vizsgálat feladata volt. Ha azok közül bár csak egy helytelennek találtatott volna, úgy ez a perpetuum mobile lehetőségét bizonyítaná.

Az első, ki e térre lépett, egy francia volt, S. Carnot, 1824-ben. Daczára annak, hogy tárgyát nagyon korlátozott szempontból fogta fel, s hogy a hőre vonatkozó hamis nézete néhány téves következtetésre juttatta, fáradozása még sem volt eredménytelen. Egy törvényt sikerült megállapítania, mely ma nevét viseli, s melyről még utóbb szólni fogunk.

Munkája sokáig jóformán tekintetbe sem vétetett, s csak 18 évvel később, 1842-től fogva jöttek mások, más országokban, Carnot-tól függetlenül ugyanazon gondolatra. Az első, ki az általános természeti törvényt, mely itt szóban forog, helyesen felismerte és kimondotta, egy német orvos Mayer J. R. volt 1842-ben. Kevéssel később 1843-ban egy dán tudós, Colding, a kopenhágai akademiánál egy értekezést nyújtott be, mely ugyanazon törvényt mondotta ki, s néhány kísérletsorozatot foglalt magában további kifejtésére. Angliában ugyanakkor Joule kezdett kísérleteket tenni, melyek ugyanazon kérdésre vonatkoztak. Oly kérdésnél, melyeknek kidolgozását a tudomány fejlődésének menete követeli, gyakorta találjuk azt, hogy többen, egymástól függetlenül, lényegében véve, ugyanazon eszmék sorozatát teremtik.

Magam is, a nélkül hogy Mayer-ről vagy Colding-ről valamit tudtam volna, és Joule kísérleteivel is csak dolgozatom vége felé ismerkedvén meg, ugyanazon térre

léptem; különösen pedig a különböző természeti erők azon összeköttetéseivel foglalkoztam, melyekre a kijelölt szempontból következtetni lehetett. Kutatásaim eredményét 1847-ben egy kis könyvecskében „az erő megmaradásáról“* czim alatt tettem közzé. Az érdekek, melylyel a tudományos közönség e tárgyat felkarolta, azóta folytonosan növekedett, különösen Angliában, mint arról mult nyáron ottani tartózkodásom alatt magam is meggyőződtem. A jelentékeny következtetések, melyek ama felfogási módból folytak, s melyek az első idevágó elméleti dolgozatok idejében kísérletileg még bebizonyítva nem voltak, azóta nagyrészt kísérleti igazolásra találtak. Sokat tett ez irányban Joule, a lefolyt évben pedig Regnault, a francia physikusok legjelesbike, ki ugyancsak ez álláspontra lépett, s megerősítéséhez a gázok fajhőinek vizsgálata által jelentékenyen hozzájárult. Igaz, hogy néhány fontos elméleti következtetésre nézve még hiányzik a kísérleti igazolás; de a bizonyítékok száma már oly jelentékeny, hogy talán nem lesz korán, ha e tárgyat nem tudományos közönséggel is megismertetni iparkodom.

Hogyan dőlt el a szóban forgó kérdés, azt már az előadottak alapján gyaníthatják. A természeti folyamatok egész sorozatában nincs oly körút, melyen megfelelő fogyasztás nélkül mechanikai erőt lehetne nyerni. A perpetuum mobile lehetetlen marad. Ez által azonban elmélgédéseink magasabb érdeket nyernek.

Az erőkifejtést természeti folyamatok útján eddig csak az emberi haszon szempontjából, mint a gépek munkaerejét, vettük tekintetbe. Most azt látjuk, hogy általános természeti törvényre jutottunk, mely érvényes egészen függetlenül azon alkalmazástól, melyre az ember a természeti erőket fordítja. Szükséges tehát, hogy e törvény kifejezési módját annak általános jelentőségéhez alkalmazzuk. Mindenekelőtt világos,

* Ueber die Erhaltung der Kraft, eine physikalische Abhandlung, von Dr. H. Helmholtz, Berlin 1847.

hogy azon munkát, mely valamely folyamat útján a gépben bizonyos körülmények között kifejthető, s az előbb kijelölt módon megmérhető, minden egyéb esetben az erő általános mértékéül használhatjuk. Ezután előáll a fontos kérdés, hogy ha már a munkaerő mennyiségét megfelelő fogyasztás nélkül nem nagyobbíthatjuk, nem kisebbíthetjük-e az, vagy nem veszhet-e egészen el? Gépeinkre nézve igenis elveszhet, mihe-lyest elmulasztjuk az alkalmat arra, hogy a természeti erők-ből hasznot huzzunk, de nem veszhet el, mint azt látni fogjuk, az egész természetre nézve.

A régi mechanika két test egymáshoz ütközésére és surlódására nézve azt vette fel, hogy a közben eleven erő vész el. Már előbb kiemeltem azonban, hogy minden ütközésnél és minden surlódásnál hő keletkezik, sőt Joule kísérletileg kimutatta ama fontos törvényt, hogy valahányszor egy lábfontnyi munka elvész, ennek megfelelőleg mindannyiszor ugyanazon hőmennyiség keletkezik, s hogy megfordítva valahányszor hő által munka nyeretik, minden nyert lábfontnyi munkának megfelelőleg, ugyanazon hőmennyiség tűnik el. A hőmennyiség, mely egy font víznek hőmérsékét a százfokú (Celsius-féle) hőmérő egy fokával emeli, azon munkaerőnek felel meg, mely által egy fontnyi súlyt 1350 lábnyi magasságra lehet emelni; e mennyiséget a hő mechanikai egyenértékének nevezzük. Itt meg kell említenem azt is, hogy e tények szükségképen azon eredményre vezetnek, miszerint a hő nem valami finom, meg nem mérlegelhető anyag, mint azt azelőtt csaknem általánosán gondolták, hanem, hogy inkább a fényhez és hanghoz hasonlóan a legkisebb testrészek bizonyos mozgásában áll. E nézet szerint a surlódásnál és ütközésnél az egész tömegnek látszólag elveszett mozgása a legkisebb részek mozgásába alakul át, s megfordítva a hajtó erőnek hő által keletkezésekor a legkisebb részek mozgása az egész tömeg mozgásává válik.

Vegyü egyesülések által hő keletkezik, s mennyisége egészen független az időtartamtól s a fokozatoktól, melye-

ken át az egyesülés létrejön, feltéve, hogy egyidejűleg más hatások közbe nem lépnek. Ha azonban, mint a gőzgépnél, egyidejűleg mechanikai munka is végeztetik, úgy annyival kevesebb hőt nyerünk, a mennyi e munkának megfelel. A vegyi erők munkamennyisége különben rendesen nagyon jelentékeny. Így például egy font legtisztább szén elégeése annyi hőt szolgáltat, mely 8086 font víznek hőmérsékét a százfokú hőmérő egy fokával magasabbra képes felhevíteni; miből számítás utján azon eredményre jutunk, hogy az egy font szén és az elégetésére szükséges oxigén legkisebb részei között működő vonzó erő 100 font vizet $4\frac{1}{2}$ mért-földnyi magasságra bír emelni. Sajnos, hogy gőzgépeink utján e munkának csak igen kis részét bírjuk valóban érvényesíteni, mert legnagyobb része hő alakjában reánk nézve haszon nélkül vész el. Még a legjobb expansiós gőzgépek is csak 18 százalékát alakítják mechanikai munkává azon hőnek, melyet a tüzelő anyag szolgáltat.

A többi ismert physikai és vegyi folyamatoknak hasonló vizsgálata azon eredményre vezetett, hogy az egész természetben bizonyos hatásra képes erőkészlet van, mely semmi módon sem gyarapodhatik vagy kisebbedhetik, s hogy így a hatásra képes erőmennyiség a szervesetlen természetben ép úgy örök és változatlan, mint az anyag mennyisége. Ez általános törvényt ily alakban kimondva, az erő megmaradása elvének neveztem.

Mi emberek emberi célokra munkaerőt nem teremthetünk, hanem azt csak a természet nagy készletéből meríthetjük. Az erdei patak és a szél, melyek malmainkat hajtják, az erdő és a kőszéntelep, melyek gőzgépeinket mozgatják s szobáinkat fűtik, csak a természet nagy erőkészletének egy részét adják át, melyet céljainknak megfelelőleg használni, s hatásaiban önkényünk szerint vezérelni iparkodunk. A malom tulajdonosa a lefolyó víz nehézségét, vagy a tovaszálló szél eleven erejét tulajdonának tekinti. A természet

általános erőkészletének ezen részei azok, melyek birtokát értékessé teszik.

Azonban ama tételtől, miszerint a munkaerő legkisebb részlete sem veszhet egészen el, nem következik az, hogy a munkaerő egy része emberi célokra nézve haszonvehetlenné ne válhatnék. Fontosak ez irányban azon következtetések, melyeket W. Thomson a már előbb említett Carnot-féle törvényből vont. E törvény, melyet Carnot a hő és munka kapcsolatának keresése közben talált, s mely az erő megmaradása elvének következtetései közé nem tartozik, sőt azzal csak azóta nem ellenkezik, mióta Clausius ez értelemben átalakította, bizonyos összefüggést állapít meg a testek összenyomhatósága, hőfogatósága és meleg általi kiterjedése között. Bár e törvényt tetteleg teljesen bebizonyítottnak tekintenünk nem lehet, mégis nem tagadhatjuk, hogy az nagy valószínűséget nyert azon sajátságos tények által, melyeket belőle következtettek s melyek utóbb kísérletek utján helyeseknek bizonyultak. A Carnot által először felállított matematikai kifejezésen kívül még a következő általános alakban mondhatjuk azt ki: „Csak midőn hő valamely melegebb testből hidegebbe megy át, csak akkor s pedig akkor is csak részben, lehet azt mechanikai munkává átalakítani.“

Valamely test hevét a hatásnak más alakjába, például mechanikai, elektrikus vagy vegyi folyamatokba át nem változtathatjuk, ha azt lehűteni többé nem tudjuk. Így gőzgépeinknél az izzó szén hevének egy részét munkává alakítjuk, oly módon, hogy azt a kazán kevésbé meleg vizébe hagyjuk átmenni; de egyáltalában nem tudnánk hőt munkává átalakítani, ha a természet minden teste egy és ugyanazon hőmérsékkel bírna. A világegyetem erőkészletét ez értelemben két részre oszthatjuk, az egyik oly hő, mely mindig hő marad, a másik, melyhez a melegebb testek hevének egy része s a vegyi, mechanikai, elektrikus és magnetikus erőknek egész készlete tartozik, a legváltozatosabb

átalakulásokra képes, s a természet folyamatainak gazdag különféleségét tartja fenn.

A melegebb testek heve azonban folytonosan törekszik vezetés és sugárzás útján a kevésbé melegekre átmenni, s így hőmérséki egyensúlyt előállítani. A földi testek mozgása közben surlódás és ütközés által a mechanikai erő egy része mindig hőbe megy át, melynek csak bizonyos része alakulhat újra vissza; ugyanaz történik rendszeren a vegyi és elektrikus folyamatoknál is. Ebből az következik, hogy az erő-készlet első része, az átalakulásra képtelen hő, a természeti folyamatok mindegyikénél növekszik, a második pedig, t. i. a mechanikai, elektrikus és vegyi erők készlete folytonosan kisebbedik; úgy, hogy ha a világegyetem e physikai folyamatot zavartalanul követi, végre egész erőkészlete hővé fog alakulni, s egész heve a hőmérséki egyensúly állapotába fog jutni. Ez állapotban minden további változás lehetősége ki lesz merítve s a természeti folyamatoknak teljes szünetelése fog beállani. Ha majdan a nap magasabb hőmérsékét s azzal együtt fényét elvesztette, ha a földfelület összes alkatrészei azon vegyi összeköttetésekbe léptek, melyekre vegyrokonságaik által kényszerítettnek, akkor a növények, emberek és állatok élete sem fog tovább fennállhatni. Akkor a világegyetem örök nyugalomra lesz kárhoztatva.

Carnot törvényének ezen következménye természetesen csak azon esetben áll fenn, ha maga a törvény további vizsgálatnál általános érvényűnek fog mutatkozni. A kilátás azonban arra, hogy ez ne legyen így, vajmi csekély. Mindenesetre bámulnunk kell Thomson éleselműségét, melylyel egy már régebben ismert rövid matematikai egyenlet betüiből, melyek csak hő, térfogat és nyomásról szólnak, a világegyetem halálítéletét, bár csak végtelen távol fekvő jövőre, kiolvasni bírta.

Előre megmondottam, hogy utunk egy része a mennyiség-tani-mechanikai fogalmak tövises s kietlen terén fog átvezetni. Az utnak e részét hátrahagytuk. Az általános elv,

melyet önök előtt kifejtteni iparkodtam, messze elterülő kilátást engedő álláspontra vezetett, melyből tetszésünk szerint az egyik, vagy a másik oldalra tekinthetünk, a merre érdekeltségünk épen irányul. A betekintés a physikusok laboratoriumaiba, kisszerű viszonyaik s bonyolódott elvontságuk mellett, aligha lenne oly érdekes, mint a betekintés a felettünk elterülő égboltozat mélységeibe, a felhők, folyók, erdők s a körülöttünk élő lények törvényszerű működésébe. Ha e közben azon törvényeket, melyek közvetlenül csak a földi testek között véghez menő physikai folyamatokra nézve állapítottak meg, más égi testekre nézve is érvényeseknek fogjuk tekinteni, úgy csak arra kell emlékeznünk, hogy ugyanazon erő, melyet e földön nehézségnek nevezünk, a világegyetemben mint gravitáció működik, s a mérhetetlen távolságú kettős csillagok mozgásában ugyanazon törvényeknek hódol, mint akár a föld és hold között; emlékeznünk kell arra, hogy a földi testek fénye és heve egy lényeges pontban sem különbözik a nap s a legtávolabb álló csillagok fényétől és hevétől; hogy a meteorok, melyek a világűrben időnként földünkre esnek, ugyanazon vegyileg egyszerű anyagokból állanak, mint a földi testek. Nem kell azért tartózkodnunk attól, hogy oly általános törvényeket, melyek az összes földi természetfolyamatokra nézve fennállanak, más égi testekre nézve is érvényeseknek tartsunk. Törvényünket tehát arra fogjuk használni, hogy a világegyetem háztartását hatásképes erőkészletére vonatkozólag futólagosan áttekintsük.

Bolygó rendszerünk szerkezetének több feltűnő saját-sága arra látszik mutatni, hogy az valamikor egy közös forgó mozgással bíró, összefüggő tömeg volt. Hasonló feltevés nélkül ugyanis nem lehetne megmagyarázni, miért keringenek a bolygók mindannyian ugyanazon irányban a nap körül, miért forognak ugyanazon irányban tengelyeik körül, miért esnek pályáik és mellékbolygóik pályái csaknem ugyanazon síkba s i. t. A mult idők ama megmaradt

nyomaira a csillagászok egy feltevést alapítottak bolygórendszerünk keletkezésére nézve, mely bár a dolog természeténél fogva mindig csak feltevés fog maradni, mégis egyes pontjaiban analógiák által annyira indokolva van, hogy figyelmünket méltán kiérdemli, s pedig annál inkább, mivel saját honunkban, e város falain belül, keletkezett. Kant volt az, ki a föld és világegyetem physikai leírása iránt érdeklődve, Newton munkáinak fáradságos tanulmányozásába fogott, s annak bizonyítékául, hogy mily mélyen hatott be alapeszméibe, azon lángeszű gondolatra jött, hogy az anyagnak ugyanazon vonzó ereje, mely ma a bolygókat pályáikban tartja, egykor képes volt a bolygórendszer a világegyetemben lazán szétszórt anyagból képezni. Később Laplace, a Mécanique céleste nagy írója, Kant-tól függetlenül ugyanazon gondolatra jött, s azt a csillagászatban meghonosította.

E szerint bolygórendszerünket és napunkat kezdetben roppant, ködféle tömegnek kell képzelnünk, mely a világűrnek azon helyét töltötte be, hol most rendszerünk áll, messze kiterjedve egész a legtávolabbi bolygó, a Neptun pályájának határain túl. Az égboltozat távol térségein még ma is ködfoltokat látunk, melyeknek fénye a szinkép-elemzés tanítása szerint, izzó gázokból ered. E fény szinképében különösen azon fényes vonalak tűnnek elő, melyeket az izzó hidrogén és az izzó nitrogén mutat. Saját naprendszerünk terén belül az üstökösök, a hulló csillagok raja, az állatövi fény szembetűnő nyomait mutatják a porszerűen szétszórt anyagnak, mely a nehézség törvényei szerint mozog, s legalább részben a nagyobb testek által lassanként visszatartatik s azokba bekebeleztetik. Szembetűnőleg történik ez ama hulló csillagokkal és meteorokkal, melyek földünk légkörébe hullanak.

Ha, feltevéssünk szerint, bolygórendszerünk tömegének sűrűségét azon időre számítjuk ki, midőn az még csak ködgolyó volt, mely a szélső bolygók pályáig terjedt, úgy

azt találjuk, hogy akkor egy grán súlyú anyag több millió köbmérföldnyi tért foglalt el.

Az anyagnak általános vonzó ereje e tömegeket azonban egymás felé közelíteni s lassanként összesűrűdni kényszerítette, úgy, hogy a ködgolyó mindig kisebb és kisebb lett, mi közben az eredetileg lassú forgó mozgás, melynek lételetét fel kell tennünk, mechanikai törvények szerint mindig gyorsabb és gyorsabb lett. A röperő, mely a ködgolyó aequatora közelében bizonyára legerősebb volt, időnként egyes tömegeket szakíthatott el, melyek aztán az egésztől elválva, pályájukat folytatták, s vagy egyes bolygókká, vagy az egészhez hasonlóan mellékbolygókkal és gyűrűkkel egybekötött bolygókká alakultak, míg végre a tömegnek magva a nap testében sűrűdött össze. A hő és fény keletkezéséről e nézet még nem adott felvilágosítást.

Midőn e chaos a többi álló csillagok tömegétől elvált, annak nem csak az összes anyagot kellett magával hoznia, mely a jövő bolygó-rendszer összetételére szükséges volt, hanem itt kifejtett törvényünk értelmében az összes munkaerőt is magában kellett foglalnia, mely majdan a bolygó-rendszert változatos hatásaival gazdagítsa. Az egyes részeknek kölesönös vonzó ereje már maga roppant hozományt képvisel. Ez erő, mely a földön mint nehézségi erő nyilvánul, a világűrbeli hatására vonatkozólag égi nehézségnek vagy gravitációnak neveztetik. Valamint a földi nehézség egy súlyt a földhöz vonzván, munkát végez s eleven erőt teremt, úgy teszi azt az égi nehézség is, midőn két tömegrészt a világűr távol tájaiból egymás felé közelít.

A vegyi erőknek szintén készen kellett állaniok, hogy hassanak; de mivel ez erők csak a különmemű anyagok benső érintkezésénél lépnek érvényre, világos, hogy előbb sűrűedésnek kellett beállani, mielőtt ezek működésüket megkezdhetnék volna.

Volt-e ama kezdetleges állapotban bizonyos erőkészlet hő alakjában jelen, azt nem tudhatjuk. A hő és munka egyenértékének törvénye szerint ama kezdetleges állapot mechanikai erőiben a hőnek és fénynek valóban oly gazdag forrását találjuk, hogy nincs okunk azt máshol keresni. A mint t. i. a tömegek összesűrűdése közben részecskéik összeütköztek és összetapadtak, úgy az által mozgásaik eleven ereje megsemmisült s hővé alakult. Már régibb elméletek számba vették azt, hogy kosmikus tömegek összeütközése által hő keletkezik, de hogy mily nagy ezen hőnek mennyisége, azt még közelítőleg sem bírták megbecsülni. Ma annak számértékét teljes biztonsággal meghatározhatjuk.

Ha tehát ama feltevést elfogadjuk, hogy a köd módjára szétoszlott anyag sűrűsége kezdetben végtelen kicsiny volt a nap és a bolygók jelen sűrűségéhez képest, úgy kiszámíthatjuk azon munka nagyságát, mely az összesűrűsödésnél végeztetett; kiszámíthatjuk azt is, hogy e munkának mily nagy része áll fenn még ma mechanikai erómennyiség alakjában, azaz a bolygóknak a naphoz való vonzódásában és mozgásuknak eleven erejében, s így mint végeredményt azt találjuk, mennyi alakított át az összesűrűdésnél végzett munkából azóta hővé.

E számítás eredménye az *, hogy az eredeti mechanikai erőnek csupán 454-ed része van még meg eredeti alakjában, s hogy a többi hővé alakítva képes volna egy a nap és bolygók együttes tömegével egyenlő víztömeget a százfokú hőmérő 28 millió fokával felhevíteni. Összehasonlítás kedvéért felemlíthetem, hogy a legmagasabb hőmérsék, melyet az oxigénfújtató segélyével létrehozhatunk, s melynél még a platina is izzóvá válik és elpárolog, s egyáltalában csak nagyon kevés ismert anyag marad szilárd állapotban, alig becsülhető 2000 foknál magasabbra. Képzelnem sem bírjuk, mily hatásokat kell ezen 28 millió fokú hőmérséknek tulajdoni-

* L. a függelék az előadás végén.

tanunk. Ha egész rendszerünk tömege tiszta szén volna, s az egész elégettetnék, úgy az által e hőmennyiségnek csak 3500-ad része keletkeznék. Annyi azonban bizonyos, hogy maga ezen roppant hőkifejtés a legnagyobb akadályok egyike volt a tömegek gyors egyesülésére nézve, s hogy annak nagy részben a világűrbe sugárzás által kellett elvesznie, mielőtt oly sűrű testek keletkezhettek, mint a minők ma a bolygók és a nap. Ez égi testek keletkezésük alkalmával bizonyára tüzes-folyó állapotban voltak, mert e nézet mellett nemesak a föld geológiai tünetei, hanem rendszerünk testeinek alakja is szól, mely mint lapult golyó, a forgásban lévő folyadékok egyensúlyi alakjával egyezik meg. Ha itt rendszerünkre nézve egy roppant hőmennyiségnek elvesztéről szóltunk, úgy az által az erő megmaradásának elvével ellenkezésbe nem jöttünk. Elveszett az a naprendszerre nézve, de nem a világegyetemre nézve. Eloszlott az s eloszlik még ma is a világegyetem végtelen ürében; s mi nem tudjuk, valjon azon közegnek, mely a fény- és hőrezgéseket tovaterjeszti, van-e valahol határa, honnét a sugaraknak vissza kell fordulniok, vagy hogy azok örökké folytatják-e útjokat a végtelenbe.

Különben a mechanikai erőkészlet naprendszerünkben még ma is roppant hőmennyiséggel egyenértékű. Ha földünk pillanatnyi ütközés folytán napköri útjában rögtön megállítatnék — mitől különben rendszerünk jelen berendezése mellett nincs mit tartanunk — úgy ez ütközés által oly hőmennyiség hozatnék létre, mint oly széntömegnek elégetése által, mely földünk tömegének 14-szeresével volna egyenlő. Tömegének hőmérséke még akkor is, ha hőfoghatóságát a vizével tennők egyenlővé, nem kevesebb, mint 112,000 fokkal emelkednék, tehát bizonyára megolvadna, sőt nagyrészt elpárologna. Ha pedig a föld, mint annak megállása után történni kellene, a napba esnék, úgy az ott létrejövő ütközéskor még 400-szor nagyobb hő keletkeznék.

Kis arányokban e folyamat időről időre még mindig ismétlődik. Alig kételkedhetünk már abban, hogy a hulló

csillagok, a tűzgolyók és meteorok a világűr testei közé tartoznak, melyek, mielőtt földünk vonzó körébe jutottak volna, a nap körül bolygók módjára mozogtak. Csak midőn földünk légkörébe jutnak, csak akkor válnak láthatókká, s esnek néha lábainkhoz. Annak magyarázatát, hogy e tömegek ilyenkor világítók, az aláhullottak pedig az első pillanatban nagyon melegek, már régebben ama surlódásban keresték, mely reájok a légben gyakoroltatik. Ma egész pontosan ki tudjuk számítani, hogy ha másodpercenként 3000 lábnyi sebesség mellett az egész surlódási hő a mozgó szilárd tömegnek adatnék át, úgy az képes volna egy darab meteorvasat 1000 fokkal hevíteni, tehát élénk izzásba hozni. A hulló csillagok közép sebessége azonban harminczszor, sőt ötvenszer nagyobb, azaz másodpercenként 4—6 mérföldnyi. De más oldalról nem feledhetjük azt, hogy a keletkezett hő jelentékenyebb része azon megsűrített légtömegnek adatik át, melyet a meteorok maga előtt kerget. Ismert tény az, hogy a fényes hulló csillagok rendszeren fényes nyomokat hagynak hátra, melyek eredetüket a felületről elvált izzó részeknek köszönik. A lehulló meteorok többnyire heves robbanással pattannak szét, a mit ugyancsak gyors felhevülésük hatásának tulajdoníthatunk. Az újonnan esett darabokat többnyire még melegen, de többé nem izzó állapotban találták, a mit úgy lehet magyarázni, hogy a rövid idő alatt, melyben a meteorok a légkört átmetszette, csak a felületnek vékony rétege hozatott izzásba, a tömeg belsejébe pedig csak kevés hő hatolt. Ezért tűnhetik el oly gyorsan az izzás látszata.

A meteorok hullása, mint kisszerű maradványa azon jelenségeknek, melyek az égi testek képződésénél a legfontosabb szerepet játszották, mintegy átmenetet képez a mai kor jelenségeihez, hol a feltevések homályát a tudás világossága váltja fel. Az eddig előadottakból különben hypothetikusnak csak Kant és Laplace azon feltevése mondható, miszerint rendszerünk tömegei a térben kezdetlegesen köd módjára terjedtek el.

Az eset ritkasága végett legyen szabad felemlítenem, mily benső megegyezésben áll ez egyszer a tudomány az emberiség ókori mondáival s a költők képzelmeivel. Az ókori népek kosmogoniái rendszeren mindannyian a chaos-szal és sötétséggel kezdődnek, a mint Mephistopheles is magáról mondja:

Én rész vagyok részből, mely egykor az egész volt,
A sötétségből rész, melyből a fényesség folyt,
A büszke fény, mely most az anya-éjtől
Rangját és ős helyét elvenni készül*.

Mózes mondája ugyancsak nem sokban tér el ettől, különösen, ha megfontoljuk, hogy az, mit ő kezdetben égnek nevez, az erősségtől, t. i. a kék égboltozattól különbözik, s így nem egyéb a világürről, s ha megfontoljuk, hogy az alaktalan föld s a mélységek vizei, melyek csak később választatnak el az erősség fölöttiekre és az erősség alattiakra, a chaotikus anyag fogalmának felelnek meg:

„Kezdetben teremté Isten a mennyet és a földet. A föld pedig pusztá és üres vala, és setétség vala a mélységnek színén, és az Istennek lelke lebeg vala a vizek fölött. És mondá az Isten: legyen világosság. És lön világosság.“

De úgy, mint a világítóvá vált ködgolyóban és a jelen kosmogonia tüzes folyó földében a fény még nem volt nappá és csillagokká, az idő nappallá és éjszakává elkülönözve, mint az a föld kihülése után történt.

„És látá Isten a világosságot, hogy jó volna, és elválasztá a világosságot a sötétségtől. És nevezé a világosságot napnak, és a setétséget éjnek. És lön estve és reggel, az első nap.“

Csak miután a vizek a tengerben összegyültek, s a föld szárazon feküdt, keletkeztek a növények és állatok.

* Goethe: „Faust“, ford. Dóczi Lajos.

Földünk még ma is félreismerhetetlen nyomait viseli egykori állapotának. Hegységeinek gránitszerű alapja oly szerkezetet mutat, mely csak olvadt tömegek kristályos megszilárdulása által jöhetett létre. A hőmérsék vizsgálata bányákban és fűrt lyukakban azt mutatja, hogy a melegség a mélységben növekszik, s hogy e növekedést egyenletesnek feltételezve, már tíz mértföldnyi mélységben oly hőfoknak kell találtatnia, melynél összes kőzetfajaink megolvadnak. Vulkánok időről időre még most is nagy mennyiségű cseppfolyó kőzeteket dobnak a felszínre, mint azon hő hirdetőit, mely a föld belsejében uralkodik. A földnek lehűlt szilárd kérge azonban már annyira megvastagodott, hogy, mint azt hővezetési képességének kiszámítása mutatja, a belülről kiható hő, összehasonlítva azzal, melyet a nap a felületre sugároz, oly rendkívüli kicsiny, hogy a felület hőmérsékletét legfeljebb $\frac{1}{30}$ -ad fokkal bírná növelni, úgy, hogy a föld belsejében hő alakjában felhalmozott erőkészlet jóformán csak a vulkanikus jelenségek által gyakorol befolyást a föld felszínén véghez menő folyamatokra. E folyamatok hajtóereje csaknem kizárólag más égi testek befolyásának köszönhető, így különösen a nap fényének és hevének, s részben, a dagály és apályt illetőleg, a nap és a hold vonzó erejének.

Leggazdagabb azon változások csoportja, melyeket a nap fénye és heve hoz létre. Légkörünk a nap befolyása alatt egyenlőtlenül melegszik meg, a melegebb és hígabb lég felfelé száll, míg oldalról hidegebb ömlik helyébe; így keletkeznek a szelek. Leghatalmasabb e folyamat az aequator közelében, honnét a melegebb levegő légkörünk magasabb rétegein át folytonosan a sarkok felé ömlik, míg az alatt a passát-szelek ugyancsak folytonosan hideg leget visznek az aequatorhoz. A nap heve nélkül a szelek szükségképen megszűnnének. A tenger vizeiben ugyanazon okból hasonló áramok keletkeznek. Jelentőségük mellett különösen azon befolyásuk szól, melyet némely vidékek égaljára gyakorol-

nak. Ez áramok viszik az Antillák tengerének meleg vizét a britt szigetekig, s kölesönöznek nekik egyenletes meleget és kellő nedvességet; de azok hordják az északi sark jegét is New-Foundland vidékére s okozzák zordon hidegét. E mellett, a nap hevének befolyása alatt, a víznek egy része elpárolog; a légkör felsőbb rétegébe száll; ködöt és felhőket képez; vagy eső és hó alakjában a hegyekre és a földfelületre esik; források, patakok és folyamok alakjában újra egyesül s végre ismét a tengerbe tér vissza, miután sziklákat mosott, laza földrészeket elhordott, egy szóval tett valamit a föld geológiai átalakítására s útjában talán még malmokat is hajtott. Semmisítsük meg a nap hevét földünkön s a víznek csak egy mozgási neme fog hátra-maradni, t. i. a dagály és apály, mely a nap- és holdnak vonzása által jó létre.

Lássuk most, mit kelljen a szerves lények mozgása és munkája felől gondolnunk? A mult századbeli automaták készítői az embert s az állatokat megannyi óraműnek tekintették, melyet soha felhúzni nem kell, s mely hajtó erejét maga semmiből teremti; az összeköttetés a bevett tápszer és az erőkifejtés között előttük ismeretlen volt. Mióta azonban a gőzgép tanulmányozása folytán a munkaerő ezen forrását felismertük, azt kell kérdeznünk, így van-e az az emberre nézve is? Az élet fentartása egyáltalában a tápszerek folytonos beviteléhez van kötve; éghető anyagok azok, melyek, a mint az emésztés befejezte után a vérbe mentek át, a tüdőben lassú égetésnek vettettek alá, s végre az oxigénnel csaknem ugyanazon vegyületeket képezik, melyek a nyílt tüzön való elégetés közben jönnének létre. Ha tekintetbe vesszük, hogy az elégetés által keletkezett hőnek mennyisége független az elégetés idejétől s módjától, úgy a felhasznált anyag tömegéből kiszámíthatjuk azt, mennyi hőt, vagy annak megfelelőleg, mennyi munkát képes valamely állat annak felvétele folytán végezni. Igaz, hogy a kísérletek nehézségei még nagyok, de mégis már

a pontosság azon határain belül is, melyet maig elérni lehetett, azt mutatják, hogy az állati testben tetteleg keletkező hő a vegyi folyamatok által szolgáltatottnak megfelel. Az állati test e szerint a hő és az erő nyelésének módjára nézve nem különbözik a gőzgépektől, de különbözik a czél által, melyre, s a mód által, a mint az erőt felhasználja. Tüzelő anyagát illetőleg, a gőzgépnél sokkal válogatósabb. A gőzgépet cukorral, liszttel és vajjal ép úgy fűthetnök, mint szénnel és fával; az állati test azonban tüzelő anyagát mesterségesen feloldani, egész szervezetébe szétosztani kénytelen, s könnyen elkopó szerves részeinek folytonos helyreállítása végett oly anyagokra szorul, melyeket maga nem képezhetvén, csak kívülről vehet fel. Liebig volt az első, ki a bevett tápanyag ezen rendeltetésére figyelmet fordított. A test folytonos újjá alakítására, mint látszik, kizárólag bizonyos fehérnyemű anyagok szolgálnak, melyek a növényekben előfordulnak, s az állati test nagy részét képezik. Csak kis részét képezik ezek a mindennapos tápszernek, a többi tápanyagok, mint a cukor, keményítő, liszt, zsir valóban csak fűtő anyagok, melyek köszén által talán csak azért nem helyettesíthetők, mert az állati szervezet azt feloldani nem képes.

Ha az állati test folyamatai e tekintetben nem különböznek a szervetlen természet folyamataitól, úgy még azon kérdés áll elő: honnét nyeri azon tápszerket, melyek reá nézve az erő forrásául szolgálnak? Röviden felelhetünk erre: a növényországból. Hiszen csupán a növényi anyagokat vagy a növényevő állatok húsát tudjuk tápanyagúl felhasználni. A széna és a fű lényegében véve ugyanazon tápanyagokat tartalmazza, mint a liszt, csak hogy kisebb mennyiségben. Mivel azonban az ember emésztő szervei nem képesek e silányabb tápszerkekből a kevés haszonvehető, az oldhatatlan anyagok nagy mennyisége mellett, kiválasztani, úgy azokat előbb a marha hatalmas emésztő szerveinek vetjük alá, s a tápanyagot annak testében gyűjtjük össze,

hogy végre kellemesebb és hasznosabb alakban élvezhessük. Kérdésünk tehát végre is a növényországra utal. Ha a növények bevételeit és kiadásait összevetjük, úgy azt találjuk, hogy legfőbb bevételük azon égési terményekből áll, melyeket az állatok szolgáltatnak. A lélegzésnél elégett szenet a légből mint szénsavat, az elégett hydrogént mint vizet, a nitrogént pedig ugyancsak legbensőbb és legegyszerűbb vegyületében, mint ammoniakot veszik fel, s ez anyagokból kevés, a talajból felvett alkatrészek segítségével újból azon összetett, éghető anyagokat, mint a fehérnyét, a cukrot, az olajat képezik, melyekből az állat életét fentartja. Oly körfolyamatot találunk itt, mely örök erőforrásnak látszik. A növények tüzelő anyagot és tápszerket készítenek; az állatok felveszik azokat, tüdőikben lassan elégetik, az égési terményekből pedig újra növények táplálkoznak. Ezek a vegyi, amazok pedig a mechanikai erőkészlet örök erőforrásainak látszanak. Valóban azt kérdezhetnök, nem áll-e perpetuum mobile elő a szerves világ két országának illetően együttműködése által? A felelet bővebb megfontolást igényel. Behatóbb vizsgálatok azt mutatják, hogy a növények éghető anyagokat csak a napfény befolyása alatt bírnak készíteni. A napsugarak egy része azon különös viszony által tűnik ki, melyben a vegyi erőkhöz áll, s melynek folytán vegyi egyesülést vagy bomlást hozhat létre. E sugarak, melyek többnyire kék vagy ibolya színűek, ez okból vegyi sugaraknak neveztetnek. Hatásaikat leginkább a fényképek készítésénél vesszük igénybe. Többnyire az ezüst vegyületeit szoktuk erre használni, melyek széthontatnak ott, hol a fénysugarak reájok esnek. Ugyanazon napsugarak a zöld növénylevelekben megsemmisítik azon hatalmas vegyi vonzást, mely a szénsav szenét és oxigénjét összetartja, s ez utóbbit a légkörnek adják át, az elsőt pedig más anyagokkal összekötve, a növényben farostok, keményítő, liszt, olaj és gyanta alakjában halmozzák fel. A napfénynek eme vegyi sugarai teljesen eltűnnek, mihelyest

zöld növényrészekkel találkoznak; ezért lesznek a zöld növénylevelek fényképeinkben oly egyenletesen feketék, hiszen a tőlök jövő fény vegyi sugarak hiányában az ezüst vegyületekre nem bir hatást gyakorolni. A kék és ibolya színű sugarakon kívül azonban a sárgák is kiváló szerepet játszanak a növények fejlődési menetében. A növény levelei ezeket is aránylag hevesen nyelik el.

Mig tehát a növényben éghető anyagok képeztetnek és gyűjtetnek, azalatt a nap fényének hatásképes ereje fogy, s így nagy valószínűség szól a mellett, hogy ez utóbbit az első okának tartjuk. Igaz, hogy eddigelé hiányoznak a kísérletek, melyek kimutatnák, valjon az eltűnt napsugarak eleven ereje valóban megfelel-e az ugyanazon idő alatt felhalmozott vegyi erőkészletnek, s valóban mig olyanok nem eszközöltetnek, addig a kifejezett összeköttetést bizonyosnak nem mondhatjuk. Ha e nézet megerősödnék, úgy abból azon reánk nézve hízogó következtetést vonhatnók, hogy az összes erő, mely testünket élteti és mozgatja, eredetét közvetlenül a legtisztább napfényből nyeri, s hogy így származásunk nemességét illetőleg nem lennénk alantabb állók a chinai birodalom hatalmas uralkodójánál, ki különben egyedül nevezi magát a nap szülöttének. E magas származásban persze a legalantabb álló lények, akár a béka s a pióca is, nemkülönb az egész növényvilág s az ősvilági és jelenkori tüzelő szerek is osztoznak velünk.

Látjuk tehát, hogy földünk meteorologiai, égalji, geologiai és szerves folyamatainak roppant gazdagsága csaknem kizárólag a nap világító és hevitő sugarainak köszönhető, s látjuk, hogy a természetben ugyanazon ok, megváltozott külső körülmények között, hatásának alakját Proteus módjára bírja változtatni. A nap és hold ezen kívül még másnemű befolyást is gyakorolnak a földre, mely a tenger dagályának és apályának sajátos jelenségében mutatkozik.

Mind e két égi test vonzása által, a tenger vizében két óriási hullámot hoz létre, melyek ugyanazon irány-

ban futják a földet körül, mint azt látszólag amaz égi testek teszik; a hold két hulláma a hold nagyobb közelsége folytán $3\frac{1}{2}$ -szer oly nagy, mint a napé. E hullámok egyikének legmagasabb pontja a földfelület azon negyedében fekszik, mely a hold felé van irányítva, a másiké az annak ellentett negyedben. E két negyedben ilyenkor dagály, a másik kétben pedig apály áll be. Bár a dagály magassága a szabad tengerben nem nagyobb három lábna, s bár az csak egyes szűk csatornáknban, a mozgatott víz összetorlódása folytán, emelkedik harmincz lábnyira, e jelenet hatalmassága, mint azt Bessel számítása mutatja, mégis bámulatra méltó, mert ezek szerint a földfelület egy negyede a dagály alkalmával 200 köbmérföldnyi vízzel többet tartalmaz, mint az apály idejében, s e roppant víztömeg $6\frac{1}{4}$ óra lefolyása alatt ömlik az egyik negyedből a másikba.

A dagály és apály jelensége egybekötve az erő megmaradásának elvével szoros viszonyban áll bolygó rendszerünk állandóságának kérdésével, mint azt már Mayer felismerte. A bolygók mozgásának elmélete, a mint azt Newton megállapította, arra tanít, hogy ha egy szilárd test a nap által vonzatva, körülötte a bolygók módjára mozogna, mozgása örökké változatlanul fogna fennállani.

A valóságban nem egy, hanem több bolygó létezik, melyek a nap körül mozogva, egymásra gyakorolt kölcsönös vonzásuk által pályáikban kis változásokat és zavarokat hoznak létre. Laplace azonban Mécanique Céleste című nagy munkájában kimutatta, hogy bolygó rendszerünkben mind e zavarok időszaki növekedéseknek és kisebbedéseknek vannak alávetve és soha bizonyos határokon túl nem terjednek, úgy, hogy általuk a bolygó rendszer örök fennállása nincs veszélyeztetve.

Mégis eddig már két feltevést kellett tennünk: először azt, hogy a világűr teljesen üres, másodszor azt, hogy a nap és a bolygók szilárd alkatú testek. Az első, legalább annyiban igaznak látszik, a mennyiben eddigelé a bolygók

mozgásában nem lehetett oly változásokat felfedezni, melyeket ellenálló közeg hatásának tulajdoníthatnánk. De még ezt sem mondhatjuk egész bizonyossággal, mert van egy kis tömegű égi test, t. i. az Encke-féle üstökös, melyen ilyenü változásokat felismerhetünk; ez égi test a nap körül mind szűkebb és szűkebb ellipsiseket ír le. Ha a mozgásnak e neme, mely ellenálló közeg befolyásának látszik, csakugyan annak befolyása alatt megy véghez, úgy be fog állani az idő, midőn ez üstökös a napba hull, s akkor a bolygókat is hasonló vég fenyegeti, bár az csak oly idők multával fogna beállani, melyeknek hosszát még képzelni sem bírjuk. De ha az ellenálló közeg létele kétségesnek látszik, úgy nem kételkedhetünk azon, hogy a bolygók nem állanak egészen szilárd s egymás irányában el nem tolható tömegekből. A Nap, a Venus, a Mars, Jupiter és Saturn légkörök léteinek nyomait mutatják, a Mars felületén víz és jég jelenlétét lehet felismerni, s földünk nemesak felületén, hanem talán még belsejében is nagy mennyiségű esepfolyó anyagokat tartalmaz. A dagály és apály mozgása azonban a tengerekben úgy, mint a légkörben csak surlódással történhetik; s mivel minden surlódás eleven erőt semmisít meg, azért kell, hogy a bolygó mozgásának eleven ereje fogyjon. Így okvetlenül azon eredményhez kell jutnunk, hogy a dagály és apály, bár rendkívül lassan, de biztosan és szakadatlanul csökkenti rendszerünk mechanikai erőkészletét. E mellett az illető bolygó tengely körüli forgásának is lassúdni kell, s hogy ez földünkre nézve tetteleg történik, azt Hansen, Adams és Delaunay a hold mozgására vonatkozó újabb tanulmányai alapján kimutathatjuk. Az első állítása szerint Hipparch kora óta egy esillagnap tartama $\frac{1}{81}$ -ed másodpercczel* egy század tar-

* Újabb számítások azt mutatták, hogy a napnak tartama $\frac{1}{32}$ -ed másodpercczel hosszabb mint a 720-ik évben Kr. sz. e. Ford.

tama pedig $\frac{1}{2}$ negyedórával növekedett volna; Adams és Thomson W. szerint e növekedés csaknem kétszer akkora. Egy óramű, mely valamely század elején helyesen járt, annak végén a földet 25 másodpercczel előzné meg. Laplace a föld forgásának illető lassúdsát tagadta; de ennek kiszámítására a hold mozgásának elméletét sokkal pontosabban kellett kifejteni, mint azt az ő korában lehetett. A végeredmény, mely felé a föld forgásának folytonos lassúdsa vezet, ha időközben a tengerek be nem fagynak, az évek millióinak lefolyta után az lesz, hogy a földnek egyik fele folytonosan a nap felé fordítva, örök napfényben fog úszni, míg a másik örök éj homályába lesz burkolva. Holdunk ily állást foglal el földünk irányában, s ilyet találunk más bolygók és mellékbolygók között is; alighanem azon hatalmas dagály és apálynak következtében, mely ez égi testeken tüzes-folyó állapotuk alkalmával működött.

Ez okoskodásokat, melyek ismét a legtávolabb jövő homályába vezetnek, nem említettem volna fel, ha azokat egyáltalában ki lehetne kerülni. A physika-mechanikai törvények szellemi szemeinknek mintegy távcsöül szolgálnak, mely a legtávolabb mult és jövő homályába hatol.

Bolygórendszerünkre nézve egy másik fontos kérdés az: miként lesz az a jövőben megvilágítva és melegítve? Mivel a földgolyó belső heve csak kis befolyást gyakorol a földfelület hőmérsékére, azért itt leginkább csak a nap által kisugárzott hővel van dolgunk. Ha, a mint kísérletek által lehetséges, meghatároztuk azt, hogy valamely felületre adott idő alatt mennyi naphő esik, úgy kiszámíthatjuk azt is, hogy a nap mindössze mennyi hőt sugároz ki. Ily méréseket egy francia tudós, Pouillet eszközölt s azon eredményhez jutott, hogy a nap minden órában annyi hőt bocsát ki, mennyit egy felületén elterülő tíz lábnyi magas tömött szénréteg elége szolgáltatna; évenkénti hőkiadásának tehát egy $3\frac{1}{2}$ mértföldnyi vastag réteg felelne meg. Ha e hő a nap egész testétől egyenletesen vonatnék el, úgy, hőfogatóságát

a vizével egyenlőnek feltételezvé, hőmérséke évenként $1\frac{1}{3}$ fokkal szállana alább. Ez adatok értesítenek ugyan arról, hogy mily nagy a napnak hőkiadása, felületéhez és tartalmához viszonyítva, de nem adhatnak felvilágosítást arra nézve, hogy a nap izzó test gyanánt csak azon hőt sugározza-e ki, mely benne keletkezésekor felhalmozódott, vagy hogy felületén vegyi folyamatok útján a hőnek folytonos újraképződése megy-e véghez. Az erő megmaradásának elve mindenesetre arra tanít, hogy a földön nem ismerünk oly folyamatot, mely a napnak fény és hő kisugárzását örök időkre változatlanul fenttarthatná. Ugyanazon elv azonban arra is tanít, hogy amaz erőkészletek, melyek már is hő alakjában vannak jelen, vagy idővel hővé fognak alakulhatni, még mérhetetlen idők szükségleteit fogják fedezhetni. A vegyi erő készletéről a napban mit sem tudunk, s az ott felhalmozott hőkészletet is csak bizonytalan becslés által határozhatjuk meg. Ha azonban azon nagyon valószínű nézetet fogadjuk el, hogy a napnak a csillagászok által meghatározott, nagy tömegéhez képest feltűnően csekély sűrűsége a nap magas hőmérsékletének eredménye, s e sűrűség idővel még növekedni fog, úgy kiszámíthatjuk, hogy, ha a nap átmérője mai nagyságának egy tizezere részével kisebbednék, az által oly hő jönne létre, mely elégséges volna a nap hőkiadását 2100 éven át fedezni. Az átmérőnek ily csekély változása még a legfinomabb csillagászati észlelések segélyével is csak nehezen lenne felismerhető.

A föld felületének hőmérséklete azon idő óta, melyre történeti adataink kiterjednek, tehát mintegy négyezer év óta, észrevehetőleg nem kisebbedett. Igaz, hogy e régi korból nem maradtak reánk hőmérői észleletek; de vannak adataink, melyek arról értesítenek, hogy mennyire voltak elterjedve bizonyos növények, mint a szőlőtő és az olajfa, melyek a közép évi hőmérséklet változásai irányában rendkívül érzékenyek; s ez adatokból azt tanuljuk, hogy ama növények elterjedésének határai ugyanazok ma, mint Ábra-

hám vagy Homér korában, s hogy ennek alapján az égalj állandóságát a történeti időkre nézve jogosan szabad következtetnünk.

Ez állítással ellentétben azon körülményre lehetne hivatkozni, hogy egykor a lovagok itt Poroszországban bort termeltek, sajtoltak és ittak, a mi ma már nem lehetséges. Ebből aztán arra lehetne következtetni, hogy égaljunk hőmérséklete azon idő óta alább szállott. E nézetet azonban már Dove megezáfolta a régi krónikák idézése által, melyek szerint a porosz szőlők termése néhány rendkívül meleg évben valamivel kevésbé savanyú volt mint rendesen. E tény tehát nem az égalj melegsége, hanem csak a német urak torka mellett emel szót.

De ha bolygó rendszerünk erőkészletei oly nagyok is, hogy a folytonos kiadás dacára történetünk folyamában észrevehetőleg nem csökkentek, ha azon időszakot megmérni sem tudjuk, melynek le kell folynia, mielőtt a bolygó rendszer állapotában észrevehető változások történének: a kérelhetetlen mechanikai törvények mégis oda utalnak, hogy ez erőkészletek, melyek folytonosan csak veszteséget, gyarapodást pedig soha nem szenvednek, végre ki fognak merítettetni. Ijesztő-e reánk nézve e következtetés? Az ember a világegyetem nagyságát és bölcsességét azon előny és tartósság szerint szokta megbecsülni, melyet az neki biztosítani látszik; de már a földgolyó mult története is mutatja, mily rövid pillanatot töltött be abban az emberi faj élete. Egy vend esereptörédék vagy egy római kard, melyet a földben találunk, a homályos ókor képzetét ébreszti fel bennünk; a mit Európa muzeumaiban Egyiptom és Asszírria maradványaiból találunk, az bámulatra ragad, úgy, hogy alig merünk e tőlünk oly messze fekvő korszakról friss képzetet alkotni; pedig az emberi faj bizonyára már évezredekkel előbb élt és szaporodott, mielőtt Ninive és a pyramisok építették volna. Az emberi történet idejét 6000 évre becsüljük; de bármily nagynak látszik is ez időszak,

mi az azon időszakokhoz képest, melyeknek tartama alatt földünk a ma már kihalt, de egykor buján tenyésző állat- és növényesaládok egész sorát táplálta, s melyek alatt hazánkban a borostyánfa virágzott s becses gyantáját a földbe és a tengerbe hullatta, s midőn Szibériában, Európában s északi Amerikában palma-erdők zöldeltek, azon óriási gyíkok s később elefántok tenyésztek, melyeknek maradványait a földben eltemetve találjuk? Különböző geológok különböző alapból kiindulva iparkodtak ama teremtségi korszak tartamát meghatározni s becsléseikben 1 és 9 millió év között ingadoznak. De még azon hosszú idő is, mely alatt a földön szerves élet tenyészett, kicsiny azon megelőző időszakhoz képest, midőn az még csak tüzes cseppfolyó golyó volt. Bischof kísérletei a megolvasztott bazalt lehülése felől azt mutatják, hogy a föld lehülésére 2000 foktól 200-ra mintegy 350 millió év szükségeltetnék. Azon időről pedig, mely alatt a kezdetleges ködszerű anyag a bolygórendszerre csoportosult, még legmerészebb képzetünkkel sem birunk fogalmat alkotni. Az ember története tehát eddig csak egy rövid hullám volt az idők oceánjában; s a szervesetlen természetnek fajunk fennállására alkalmas jelen állapota, úgy látszik, még az évezredek hosszabb sorára van biztosítva, úgy, hogy magunkra s a minket követő nemzedékek hosszú sorára nézve nincs mitől tartanunk. De a légben, a vízben, s a földkéreg vulkányszerű belsejében még mindig azon erők működnek, melyek egykor a geológiai forradalmakat okozták, s az élő lények egyik fajtát a másik után eltemették. Gyorsabban fogják ezek az emberiség végítéletének napját siettetni, mint ama távolabb fekvő változások a világegyetemben, melyekről előbb szólottunk, s talán kényszeríteni fognak tökéletesebb lényeknek helyet engedni, úgy, mint egykor az óriási gyíkok és mammutok nekünk s a velünk élő lényeknek helyet engedtek.

A fonal tehát, melyet azok, kik a perpetuum mobile árnyképét követték, a tudatlanság homályában kezdtek fogni,

a természet egy általános törvényére vezetett, mely a világegyetem kezdetének és végének sötét éjjelére veti fényét. E törvény saját fajunknak hosszú, de nem örök fennállást ígér; az ítélet napjának beálltával fenyeget, de annak idejét szerencsénkre eltitkolja. Valamint az egyesnek el kell vésnie halálának gondolatát, úgy kell azt egész fajunknak is tennie; egyetlen előnye más, már tönkre ment fajokkal szemben csak azon magasabb erkölcsi feladat, melynek harcosa lett, s melynek betöltésével rendeltetésének megfelelt.

F Ü G G E L É K

a 290-ik oldalhoz.

Említettem, hogy K a t feltevése értelmében, az égi testeknek ködszerű anyagból összesűrűdése közben, hőnek kellett keletkezni. Szükségesnek tartom az e hő kifejtésére vonatkozó számításokat itt közölni. A többi számítások, melyeknek eredményeit ez előadásban felhasználtam, részint J. R. Mayer és Joule munkáiban találhatók, részint pedig az ismert tudományos tények és módszerek segélyével könnyen végrehajthatók.

Azon munkára nézve, mely a tömegnek végtelen csekély sűrűségi állapotából történő összesűrűdése közben végeztetik, mértékül a megsűrített tömegnek önmagára vonatkoztatott potenciálja szolgál. Egy M tömegű, R sugarú és egyenletes sűrűségű golyónak potenciálja önmagára V , következő értékkel bír:

$$V = \frac{3}{5} \cdot \frac{r^2 M^2}{R \cdot m} \cdot g$$

hol m a föld tömegét, r a föld sugarát és g a nehézkedés erősségét a föld felületén jelenti.

Ha minden naprendszerünkhöz tartozó égi testet ily golyónak tekintünk, úgy mindannyinak potenciálját önmagára összegeelvén, az egész összesűrűdési munkát nyerjük. Mivel azonban e potenciálok a különböző golyókra nézve, egymáshoz az $\frac{M^2}{R}$ mennyiségrel való értékeinek arányában ál-

lanak, azért a nap potenciálja mellett mindannyian elhanyagolhatók; hiszen még a legnagyobb bolygónak, a Jupiternek potenciálja is csak mintegy százvezred része a nap potenciáljának, s így elég ha számításaink közben csak az utóbbira vagyunk tekintettel.

Arra, hogy M tömegű test hőmérséklete t fokkal emelkedjék $M\sigma t$ hőmennyiség szükségeltetik, σ -val a test fajbeli hőfogatóságát jelölve. E hő, Ag alatt a hő egység mechanikai egyenértékét értvén, $AgM\sigma t$ munkamennyiségnek felel meg. E szerint a nap tömegének összesűrűdése által okozott hőmérséki emelkedés kiszámítására, a következő egyenlet szolgál:

$$AgM\sigma t = V, \text{ s így} \\ t = \frac{3}{5} \cdot \frac{r^2 M}{A \cdot R \cdot m \cdot \sigma}$$

A nap tömegével egyenlő nagyságú víztömegre nézve $\sigma = 1$ kell tennünk, s A , M , R , m és r ismert értékeit felhasználván, nyerjük:

$$t = 28611000^\circ \text{C.}$$

A nap tömege 738-szor nagyobb, mint a többi bolygók tömege együttvéve, ha tehát a víz tömegét az egész rendszerével egyenlővé akarnók tenni, úgy t -nek talált értékét még $\frac{738}{739}$ -el kellene szoroznunk, mi által e mennyiség alig változnék észrevehetőleg.

Midőn valamely gömbalakú tömeg, melynek sugara R_0 , inkább s inkább összehúzódik mindaddig, míg sugara R_1 lett; akkor a velejáró hőmérséki növekedés a következő:

$$\vartheta = \frac{3}{5} \cdot \frac{r^2 M}{A \cdot m \cdot \sigma} \left\{ \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_0} \right\} \text{ vagy} \\ = \frac{3}{5} \cdot \frac{r^2 M}{A \cdot R_1 \cdot m \cdot \sigma} \left\{ 1 - \frac{R_1}{R_0} \right\}$$

Ha tehát a bolygórendszer tömegét kezdetben nem végtelen nagy, hanem például a Neptun pályájának sugarával leírt gömbben foglaltnak képzeljük, úgy $\frac{R}{R_0} = \frac{1}{6000}$, mert a Neptun pályájának sugara 6000-szer oly nagy, mint a nap félátmérője.

Ez esetben t -nek fentebb talált értékét, még annak c csekély részével kellene kisebbiteni.

Ugyanazon egyenletekből látjuk azt is, hogy a nap sugarának kisebbedése $\frac{1}{10000}$ részével oly munkát képvisel, mely a napéval egyenlő tömegű vízmennyiség hőmérsékét 2861 fokkal emelné. Mivel pedig a nap Pouillet számításai szerint évenként annyi hőt veszít, mint a vele egyenlő tömegű víz, midőn $1\frac{1}{4}$ hőfokkal lehül: világos, hogy a napnak eme összehúzódása hőkiadását 2289 éven át fedezné.

Ha, mint ez valószínű, a napnak sűrűsége nem mindenütt egyenletes, hanem központja felé nagyobbodik, úgy tömegének potenciálja és az annak megfelelő hőmennyiség még nagyobb lesz.

A még ma meglevő mechanikai erőmennyiségek közül az égi testek tengely körüli forgásának eleven ereje nagyon kicsiny a többi erőmennyiségekhez képest, s így elhanyagolható; a nap körüli keringések eleven ereje és a nap vonzásának munkamennyisége pedig, μ -vel a bolygó tömegét, ρ -val a naptól való távolát jelölve:

$$L = \frac{gr^2 M \mu}{m} \left\{ \frac{1}{R} - \frac{1}{2\rho} \right\}$$

ha $\frac{1}{2\rho}$ mennyiséget, mint $\frac{1}{R}$ mennyiséghez viszonyítva nagyon kicsinyet, elhanyagoljuk, s V -nek fentebb talált értékével osztunk, úgy az eredmény a következő lesz:

$$\frac{L}{V} = \frac{5}{3} \frac{\mu}{M}$$

Az összes bolygók tömege együttvéve a nap tömegének $\frac{1}{738}$ részével egyenlő, s így L -nek értéke az egész rendszerre nézve:

$$L = \frac{1}{453} V.$$

M Ű S Z Ó T Á R.

Erő, *Kraft*. Hajtó erő, *Triebkraft*. Mozgató erő, *Bewegungskraft*. Munkaerő, *Arbeitskraft*.
 Expansiósgőzgép, *Expansionsdampfmaschine*.
 Fehérnye, *Eucis*.

Hőfogatóság, *Wärmecapacität*.
 Hő mechanikai egyenértéke, *Mechanisches Wärmeäquivalent*.
 Lappangó hő, *Latente Wärme*.
 Meteorkő, *Meteorstein*.