









DR. BALLAĞI GÖZA

001 0005 858742

871

II/4658

A PHYSIKAI VILÁG

COMMUNISTIKUS IRÁNYZATA.

SZILY KALMÁNTÓL.

ELŐADATOTT A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADEMIA 1871. MÁJUS 20-ÁN TARTOTT XXI. KÖZÜLÉSÉN.

KÜLÖN LENYOMAT A „TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY“-BŐL.

IA DÉL

3.

PEST, 1871.

KHÓR ÉS WEIN KÖNYVNYOMDÁJA.



A PHYSIKAI VILÁG

COMMUNISTIKUS IRÁNYZATA.

CSIZLY KÁLMÁNTÓL.

ELOADATOTT A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADEMIA 1871. MÁJUS 20-ÁN TARTOTT XXI. KÖZÜLÉSÉN.

KÜLÖN LENYOMAT A „TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY“-BŐL.

3.

PEST, 1871.

KHÓR ÉS WEIN KÖNYVNYOMDÁJA.

Ha áll az, mit Whewell, az inductiv tudományok nagyhirú történetírója, a londoni *Royal Institutionban* tartott egyik előadásán, ok- és okozatképpen tüntetett föl: miszerint „*minden nagyobb haladást a művelődés körében valamely nagy fölfedezés, vagy több figyelemre méltó fölfedezés szokott megelőzni*,” ha áll az, mit Báro Eótvös József négy évvel ezelőtt, e helyen tartott elnöki beszédében annyi meggyőződéssel és oly meggyőzőleg tudott előadni, hogy „*Századot, melyben a tudomány oly általános, oly mindenre kiterjedő befolyást gyakorolt volna, mint a jelenben, nem találunk a világtörténetben*” ha ez csakugyan így van, mit jelenleg alig fog valaki tagadni: úgy, t. gyülekezet, már egy futólagos visszapillantás az imént lefolyt két évtized tudományos fölfedezéseire, feljogosít bennünket, azt is állítani, hogy az intellectuális fejlődés tekintetében epochális idők küszöbén állunk.

Századunk első felében a természettudományi kutatás eredményei egyszerre, mondhatni, váratlanul annyi új pályát nyitottak az ipari tevékenység számára, az anyagi jóllét annyi új forrását tárták fel, hogy a szembeötlő materiális hasznosság miatt a laikus közvélemény — s nem ritkán a nem egészen laikus is — már-már feledni látszott, hogy a természettudományok nem *csupán*, s első sorban nem is az anyagi érdekek előmozdítására vannak hivatva, hanem mindenekelőtt egy magasabb, egy eszményiebb szükséglet kielégítésére, t. i. az emberi természet azon ösztönszerű szükségletének kielégítésére: keresni az igazságot, tekintet nélkül arra, vajjon hajt-e az anyagi hasznót, vagy sem, vajjon kedvező-e, hizelgő-e reánk nézve, vagy nem.

Századunk második felében, a lefolyt ötvenes és hatvanas években a nagyobb szabású fölfedezések kulturális jelentősége más színben, ha szabadna mondanom, régi nemesebb színében lép föl ismét: abban a színben, mely egy Copernikus, egy Galilei, egy Newton, egy Lavoisier nevét örök dicsfénnyel köríti. A legújabb keletű nagy fölfedezések: az erély megmaradásának elve, a világ erélyének folytonos dissipatiója, az égi physika analógiái, kapcsolatban a színkép-elemzéssel, Darwin tana, földünk őstörténelmének tanúságai stb. nem azért keltik föl az általános figyelmet, mintha belőlök közvetlenül, vagy csak közvetve is anyagi hasznót lehetne reményleni, hanem igenis azért, mert mindenki legalább sejti, hogy a tudomány ismét egy új vezérfonálra akadt, ismét egy új törvényszerűséget de-

rített ki abban az óriási szövevényben, amit természetnek nevezünk. És ha majd mindezen nagy horderejű ismeretek is szertesugározta a tudomány körén kívül, ha majd épp úgy közvagyonná váltak, mint Copernikus, Galilei, Newton, Lavoisier fölfedezései, — azon idő bizonyára egy új korszakot fog nyitni az emberiség történelmében.

A physikai világ communistikus irányzatáról, vagy — hogy a tudományos műnyelv szóival éljek — az energia dissipációjáról fogok szólni. Új dolgokat, mik a szaktudóst érdekelhetnék, ne keressen előadásomban senki sem. „Nec aranearum sane textus ideo melior quia ex se fila gignunt, nec noster vilior quia ex alienis libamus ut apes.“\*)

Valamint a köznyelv gyakran kölcsönöz egyes szókat a tudománytól, hogy velök új fogalmakat fejezzen ki, hasonlóképpen a tudományos műnyelv is kölcsönöz kész szókat a köznyelvtől, ámbár szivesebben a holt nyelvektől. Érdekes e tekintetben az energia szó vándorlása. A köznyelv az *energiát* a philosophiától kölcsönözte, s most a természet-philosophia, Sir William Thomson javaslatára, visszakölcsönzi azt a köznyelvtől, persze már a vándorlás módosította értelemmel.

Az *erély* (energia) szó alatt a természettanban nem értünk egyebet, mint a *munka-képességet*; mindaz a mi képes munkát végrehajtani, bir erélylyel; és pedig annál nagyobb erélylyel, minél nagyobb a tőle várható munka. E szó physikai értelmében nem csak az ember bir tehát erélylyel; van erélye az állatnak, növénynek, a kilótt ágyúgolyónak, a leeső kőnek, a folyó víznek, a szélnek, a kazánjában feszengő gőznek, a villanyos sodronynak, sőt még a napsugárnak is: mert mindegyike képes egy vagy más módon munkát végrehajtani. A hol mozgás van, ott erély is van; más szóval *nincs mozgás erély nélkül*. Sietünk azonban hozzátenni, hogy *erély van mozgás nélkül is*. Lássuk e különbséget a társadalmi életből vett egy igen találó példában, melyet Balfour Stewart hozott fel először.\*\*)

Mindenki tudja, mit kelljen érteni az erély szó alatt a társadalmi világban. Ha valaki a maga elé tűzött pályán el nem rettentve az akadályok, vissza nem tartóztatva az ellenállások által, haladni képes, azt mondjuk: ez egy igazi erélyes ember. Erélye alatt képességét értjük az akadályok legyőzésére; s erélyének nagyságát a legyőzött akadályok nagysága-, más szóval a megtett munka

\*) Azért ugyan sem a pók szövete nem jobb, mivel magából termi szálait, sem a mienk nem gyarlóbb, mivel méhként másokból szedünk.

\*\*\*) Lásd „Nature“ Vol. I. Pag. 647.



anennyiségével mérjük. Az ily embert társadalmi ágyúgolyónak lehetne nevezni. Jelleme erélyével megdönti az ellenfél sorait, lerombolja védsánczait. S mindamellett — hányszor tapasztaljuk — az ilyfajta embert néha oly ellenfél képes legyőzni, kinek személye tizedrész annyi erélylyel sem bír. Honnan van ez? A válasz meglepő analógiára vezet, a társadalmi és physikai világ között. Ennek oka t. i. abban van, hogy az ellenfél gyöngén áll ugyan a személyes erély dolgában, de bőven kárpótolja e hiányt a magas helyzet, melyet elfoglal, s egyedül e helyzet az, mely őt küzdelemre képesíti oly férfú ellen is, kinek az övénél sokkal nagyobb személyes erélye van. Ha két ember kövel hajigálja egymást, s az egyik a ház erkélyén a másik pedig alatt áll, világos, hogy a fenn levő részén van az előny. Épp így, ha két ember egyenlő személyes erélylyel küzdökdik, annak, a kinek magasabb a társadalmi helyzete, több kilátása van a győzelemre. Miért? mert már e *magas helyzet is erélyt jelent*, csakhogy más alakban. Azt jelenti, hogy az előbbi időkben valamelyik ős sok személyes erélyt fejtett ki, míg a családot e magas helyzetre emelte. A család alapítója kétség kívül nagyobb erélylyel birt, mint a kortársak legtöbbsze, s erélyét arra használta, hogy magát és családját előnyös helyzetre emelje. A személyes erély már rég eltűnhetett a családból, vagy helyesebben mondva, már rég átváltozhatott vagy nagy vagyonná, vagy előkelő ranggá, vagy más valamivé, a minek következtében még az utód is képes nagy munkára, nem ugyan a maga emberségéből, hanem csupán előnyös helyzetéből, hová ősenek fáradsága juttatá. A mint látjuk, a társadalmi világban kétfajta erélyt kell megkülönböztetni: 1) *személyes erélyt*, 2) *helyzeti erélyt*. Látjuk azt is, hogy a *személyes erély átalakulhat helyzeti erélylyé, s viszont a helyzeti erély személyes erélyt kölcsönözhet*.

Forduljunk megint a physikai világhoz. Itt is, mint a társadalmi világban, nehéz az emelkedés. A nehézségi erőt ahhoz az erőhöz lehet hasonlítani, a mi az embert lehúzza a társadalmi világban. A nagy sebességgel felhajtott kőnek jókora erélyt kell magával vinni, különben nem lenne képes oly magasra emelkedni a nehézségi erő ellenében, épp úgy, mint a magasra törő férfú nem küzdhetné le erély nélkül az akadályokat. De a mint e kő főlebb és főlebb emelkedik, sebessége fokozatosan csökken, míg végre elérve röpte határát, minden erélye, mit magával alulról hozott — elhasználódik. És mire használódik el? arra, hogy a követ a nehézségi erő ellenében fölvigye a magasabb helyzetbe. E pillanatban — t. i. a felérés és visszatérés határ-pillanatában — a kőnek nincs sebessége.



Tegyük fel — a mi bizonyára föltehető — hogy a követ e pillanatban tartóztatás<sup>sa</sup> fel valami, s helyezze el például egy ház tetején. A kő itt most már nyugton marad s legkisebb törekvést sem mutat a mozgásra. Önkénytelenül kérdés támad bennünk: hová lett az erély, melylyel röptét elkezdte? Eltűnt-e az a világ-egyetemből, anélkül hogy hagyjon maga után valamit, a mi vele *egyenértékű* (aequivalens) lenne? Elveszett-e örökre, elpusztult-e végképp? Midőn a kő emelkedni kezdett, sebességéhez mérten, bizonyos nagyságú erélye volt, a mit alkalmas fortélylyal föl lehetett volna használni gabna-örlésre, vizszivattyúzásra, emelő kerék forgatására s több efféle hasznos munkára. Mi e helyett útnak eresztettük a követ, hadd emelkedjék, a meddig bírja. Vajjon elszalasztottuk-e ezzel örökre a kínálkozó alkalmat, a kő erélyét hasznosítani? Korántsem. Igaz ugyan, hogy a kő a ház tetején nyugton van, s így *nincs mozgási erélye; de van másfajta erélye, t. i. helyzeténél fogva*. Minden perczen leejthetjük a fenn-nyugvó követ egy czölöpre, hogy ezt a földre verje, vagy hogy alkalmas közbenjárással gabnát örljön, kereket forgasson, vagy valami más módon hasznos munkát végezzen.

A mint e példából látjuk a felhajított kő *mozgási* (kinetikus) erélye átváltozhatik az erélynek egy másik formájába; megmarad annak, a mi, t. i. erélynek, csak hogy más alakot ölt magára. Az erélyt e másik alakjában *helyzeti erélynek*, vagy hogy a műnyelv szóival éljek, (virtuális\*) *potentiális erélynek* nevezhetjük.

A mozgási erély átváltozhatik tehát helyzeti erélylyé; de vajjon a helyzeti erély visszaváltozhatik-e megint mozgási erélylyé? Kétségkívül. Engedjük meg csak a felhajított kőnek, mely röpte határán fennakadt, hogy a nehézségi erő unszolására visszaeshessék: helyzeti erélye, a mint a kő alább jut, mind inkább és inkább mozgási erélybe megy át, úgy hogy mikor a kő leér a föld színére, épp akkorra sebessége, következőleg épp akkora erélye is van, mint a mikor fölfelé hajtatott. Az erély nem semmisült meg egy percze sem és nem teremtődött újra; fölmenet csak alakot cserélt, s lejövet megint a régi alakot ölté magára.

Valóban meglepő hasonlat a physikai és társadalmi világ közt! Az erély, itt is ott is, kétféle: mozgási vagy személyes erély és helyzeti erély. Itt is ott is átváltozhatik egy a másba. A különbség csak

\*) A m. tud. Akademia kiadásában egy nagyobb terjedelmű „Erő- és Géptan“ jelent meg, melyben a „virtesse virtuelle“ *erőnyös* sebességnek nevezetik. Hogy mi köze van a virtualis szó mai értelmének akár az erő, akár az erény vagy erony(?)höz, azt csak az tudná megmondani, a ki helyesléssel fogadná, ha mi meg a virtuális jogot erőnyös jognak, és a virilis szavazatot férfias szavazatnak fordítanók.



annyi, hogy a mit a társadalmi világban nem lehet egész pontosan latra vetni, azt a mechanikai világban a legnagyobb szabotossággal megmérhetjük.

Mint Proteus, az erély is folyvást változtatja alakját, s a physikus feladata (sem több, sem kevesebb): e változásokat nyomról nyomra kíséreni. Dolgát még az is nehezíti, hogy az erély nem csak alakját, de még gazdáját is változtatja. Ugyan annak a testnek majd több, majd kevesebb erélye lehet, a nélkül hogy megszűnnék az a test maradni. Miután az erélynek egy bizonyos mennyisége nincs egy bizonyos testhez elválaszthatlanul hozzá kötve, mint például a tömeg, mely nélkül a testet még képzelni sem tudjuk, épp azért sokkal nehezebb is ezt az örökké vándorló, örökké más alakban jelentkező valamit, a mit erélynek nevezünk, nyomról nyomra kíséreni.

Bármily sokféle is az erély nyilvánulása a physikai világban. mégis mindannyia beengedi magát soroztatni az imént említett két categoria egyikébe vagy másikába, t. i. vagy a mozgási, vagy a helyzeti erély kategóriájába. Példaképpen a nehézségi erőt választottuk az imént, mely a felhajtott kőre működik; — de a nehézségi erőn kívül vannak még más erők is, s egyik legtevékenyebb közöttük az úgynevezett vegyrokonság. Így például az oxygen-atom igen erősen vonzódik a széneny-atómhoz, valamint a kő vonzódik a földhöz. A két eset között nincs egyéb különbség, mint az, hogy mindkét atom roppant picziny, s hogy ezek csak akkor árulják el vonzódásukat, ha észrevehetlen kis távolság van közöttük. Hajtsunk fel egy követ a ház tetejére, két testet szakítunk el egymástól, melyek egymáshoz vonzódnak; e két test: a föld és a kő. Bontsuk fel a szénoxydot alkotó részeire, két testet szakítunk el egymástól, melyek egymáshoz vonzódnak; e két test: a széneny és az oxygen. Az egymástól elválasztott széneny- és oxygen-atom bizonyos helyzeti erélyt képvisel épp úgy, mint a kő, mely a földtől el van választva. Legyen már most nagymennyiségű széneny és nagymennyiségű oxygen egymástól különválasztva, — maga e körülmény nagymennyiségű helyzeti erélyt képvisel. Előbb láttuk, hogy a mint a kő és föld egymás felé zuhanhatnak, a helyzeti erély átalakul mozgási erélylyé s mint ilyen sokféleképp végezhet egy vagy más hasznos munkát. Ilyesmit kell várnunk akkor is, ha széneny és oxygen egymás felé zuhanhatnak. Ez történik csakugyan, ha a szenet elégetjük a tűzhelyen: az első, a mit az erély dolgában észreveszünk az, hogy nagy mennyiségű melegség keletkezik. Onkéntelenül gyanu támad bennünk, vajjon a melegség nem jelent-e tán szintén mozgást, t. i. a részecskék mozgását, tehát mozgást kicsiben, épp úgy, a mint a



kőnek és a földnek egymásra zuhanása mozgást jelent nagyban. Önkénytelenül az jut eszünkbe, vajjon azzal a melegséggel, melylyel a gőzgépeket hajtjuk, nem-e a mozgásnak bizonyos fajtáját értékesítjük épp úgy, mint a mikor a víz mozgását felhasználjuk malmot hajtani, vagy a sulyok mozgását czölöpöt a földbe verni, stb.

A jelenlegi vázlatos előadás keretébe nem foglalhatom bele mindazokat a bizonyítékokat, melyek az imént csak gyanításképpen odavetett analógia roppant nagy valószínűsége mellett tanuskodnak. Az újabb természettan úgy egészben véve, valamint a legaprólékosabb részletekben is, azt bizonyítja, hogy az erély nemcsak a tömegek mozgásában és kölcsönös helyzetében találja nyilvánulását, hanem hogy ezen tömegi (más szóval mechanikai) erélyen kívül van még más elrejtettebb neme az erélynek, mely igen valószínűleg a legkisebb testrészekké (a tömecsek) mozgásából és kölcsönös helyzetéből magyarázható.

Engedje meg a t. gyülekezet, hogy szives figyelme kíséretében rövid szemlét tarthassak az erély különböző nemei fölött. Azon leszek, hogy az egymást követő hadoszlopok gyorsan vonuljanak el előttünk, s a szemle ne tartson sokáig.

Lássuk először is a legjobb ismerőst, a nagyban nyilvánuló erélyt, az úgynevezett *tömcg erélyt* kétféle alakjában, mint mozgási és helyzeti erélyt. A különböző naprendszerekbe tartozó égi testek forogva haladó mozgásukkal, a lezuhanó meteor, a kilőtt ágyugolyó, a tovarobogó vonat, a ketyegő óra, a hömpölygő folyam, a rohanó patak, a dühöngő orkán, a suttogó szellő, — s ki tudná mind elszámítani — mozgási erélylyel birnak; ellenben az égi testek, ha csupán kölcsönös helyzetükre és távközeikre gondolunk, a sziklaormon nyugvó kő, a felhúzott órarugó, a megfeszített ív, a malom előtt lezsilipelt víztömeg, a szélpuskába szorított levegő — s ki tudná valamennyit elszámítani — helyzeti erélyt képviselnek.

Áttérve a kicsiben nyilvánuló erély, az úgynevezett tömecserély szemléjére, itt először is egy mindennapos ismerősünkkel, a *melegséggel* találkozunk. Ha valamely testet erősen megmelegítünk, úgy igen valószínű, hogy a test részecskéi ennek következtében gyors sürgés-forgásra kelnek, intensiv mozgásnak erednek a maguk körében, ámbár a test egészben véve nyugton marad. Minél nagyobb a belső tömecsmozgásnak erélye, annál melegebbnek tartjuk a testet. De ha ez csakugyan így van, mit kelljen akkor az úgynevezett rejtett melegről gondolni? Tudjuk, mily sok meleg kell ahhoz, hogy a forró vizet gőzzé változtassuk; pedig a gőz semmivel sem melegebb, mint az a víz, a melyből származott. Mind ez a me-



leg, a mely más körülmények között más testre ruházva, a tömecsek mozgási erélyét s így a test hőfokát növesztette volna, eltünt-e nyom nélkül, elenyészett-e végképp? — Az eddigi példák nyomán könnyű a felelet. A mozgási erély nem enyészett el végképp, csak más alakot öltött magára. A híg víz részecskéit a gőzállapotnak megfelelőleg, szétfeszegtetvén: a közlött meleg legnagyobb része a helyzeti erély formáját veszi föl; éppen úgy, mint a felhajított kő, mely a ház tetején fennakadt, mozgási erélyét arra fordítja, hogy magát a földtől távolabb helyezze, s mozgási erélye árán helyzetire tegyen szert. A molekuláris világban is, valamint a társadalmi és a mechanikai világban, kétféle erélyre: mozgási és helyzeti erélyre akadunk. — Az analógiát még egy nyommal odább is vihetjük. Tudjuk a mindennapi tapasztalásból, hogy ha valamely test igen gyors mozgásban van, mozgásának egy részét hang és egyéb légmozgások formájában a levegő elragadja, és minden irányban szertegyűrűzti. A hang, mely a süvöltő golyó, a megkondult harang, a zengő húr stb. mozgását hírül adja, szintén erély, melyet a gyorsan tovasurranó testtől a környező légrézecskek vesznek át, s nagy sebtében — másodpercenként 1050 láb sebességgel — odább szállítanak. Erre is meg van az analógia a tömecsvilágban. Az űrbetöltő, a minden tért átjáró éter az, mely a tömecsek parányi mozgását átveszi és odább szállítja, épp úgy mint a levegő a nagy mozgású testekét. A tömecsmozgás azon neme, melyet melegségnek nevezünk, át-megy a meleg testből a környező éter-közegbe, s abban szédületes sebességgel — másodpercenként 42,000 mfd — szertegyűrűzik. Ezt a hullámzó mozgást nevezzük *fénynek* és *sugárzó melegnek*.

Szemlénknek mindjárt végére jutunk: még csak a *villanyosságra* és *vegyrokonságra* vetünk egy pillantást. — Ha két ellentétesen villanyos test egymástól külön van választva, úgy e körülmény a helyzeti erélynek egy igen sajátos faját tünteti elénk. Két ily test szintúgy bir törekvéssel egymáshoz röpülni, mint a sziklaormon nyugvó kőnek törekvése van a földre zuhanni. Ha már most a két, ellentétesen villanyos test csakugyan egymáshoz röpülhet, úgy a helyzeti erély itt is átváltozik mozgási erélylyé, valamint a földre zuhanó kő esetében. — A villanyosság még másképpen is mutathat erélyt. Mihelyt a villanyláncz végszemeit egymással összekötjük, a zárlatnak minden ize erélyről tanuskodik. A lánczban körül keringő villanyosság gyors mozgása — az úgynevezett *villanyáram* — az, mi itt az erélyt képviseli.

Ha végre két oly test egymástól külön van választva — mint pl. a szézeny és oxygen — melyeknek törekvése összekerülni és egymással vegyülni, megint a helyzeti erélynek egy neme áll előt-







tapasztalva, önkénytelenül az a kérdés támad bennünk, nincs-e az eltűnt mechanikai erély, és a megjelent melegség között valami szorosabb kapcsolat? Ha kétannyi mechanikai erély tűnik el, nem keletkezik-e éppen két annyi melegség? Bátran kimondhatjuk az igenlő választ, mely ajkainkon lebeg; a tapasztalás teljes mértékben igazolja. Valahányszor mechanikai erély eltűnik, és melegségnél egyéb nem keletkezik: az eltűnt mechanikai erély és a keletkezett melegség viszonya mindig ugyanaz, akárminő körülmények között történt is a változás. A testek összeütközése, surlódása koránsem emésztí tehát fel a tömegmozgás erélyét: csupán csak alakcserére kényszeríti. Az erély megmarad csorbítatlanul annak a mi, t. i. erélynek, csak hogy a mechanikai erély helyett más alakot ölt magára, t. i. a melegségi erély alakját.

Valamint a mechanikai erély átváltozhatik melegséggé, viszont a melegség is átváltozhatik, ha meg vannak a hozzávaló körülmények, mechanikai erélylyé. Ez utóbbi történik a melegség által hajtott gépekben: *melegség eltűnik, s mechanikai erély keletkezik.* A A gőzgép is csak arra való, hogy alakcserére kényszerítse a melegség erélyét. Az erély megmarad csorbítatlanul annak a mi, t. i. erélynek, csak hogy a melegségi erély helyett más alakban, t. i. mechanikai erély alakjában jelenik meg.

A physikai metamorphosis — az erélynek alakcseréjét értvén e szó alatt — nem szorítkozik csupán a mechanikai és melegségi erélyre; magában foglalja az erélynek minden alakját. A mechanikai erély nem csak melegséggé alakulhat át, közvetlenül átalakulhat villanyossági erélylyé is és viszont. A melegség, alkalmas körülmények között közvetlenül is fölveheti az erélynek bármelyik alakját és így tovább.

Nem akarom ez alkalommal az erély metamorphosis lehetséges eseteivel még tovább is fárasztani a t. gyülekezet figyelmét. Könnyen megtörténhetnék rajtunk, hogy a sok fától nem látnok meg az erdőt; megtörténhetnék, hogy a sok részlet miatt éppen az kerülhetné ki a figyelmet, a mi az egészben a leglényegesebb, t. i. az a *törvény*, mely mindezen metamorphosisok felett uralkodik. A világ egyik alaptörvénye, mely az erély megmaradásáról szól, így formulázható:

*„Az erély különböző alakjai átváltozhatnak ugyan egy a másba, de azzal az erély mennyisége se nem szaporodik, se nem csökken. A világon meglevő erély összes mennyisége épp oly állandó, mint a világon meglevő anyag összes mennyisége.”*

Éppen az időtájt, mikor az erély megmaradásának törvényét a tudósok szabatosan kezdték formulázni, t. i. a negyvenes évek leg-



végén — így beszéli Helmholtz — egy speculativ amerikainak a terve nagy izgalomba hozta az európai iparos világot. A közönség jól ismeri a delejvillanyos (magneto-elektrikus) gépeket, melyekkel köszvényes betegségeket és hűdéseket gyakran gyógykezelnék. Ha az ily gép delejét gyors forgásba hozzuk, erős villanyáramot nyerünk. Ha a villanyáramot vízen vezetjük keresztül, a víz felbomlik két alkatrészére: hidrogéngázra és oxygéngázra. A hidrogén elégetése által megint víz keletkezik. Ha ez az égés nem a közönséges légköri levegőben — melynek az oxygen csak ötödrésze — hanem tiszta oxygéngázban történik, s a lángba egy darabka krétát tesznek, úgy ez fehér izzásba jön s a napéhoz hasonló Drummond-féle fényt sugározza ki. Egyúttal a láng igen jelentékeny melegséget fejt ki. Az okos amerikai a víz villanyos szétbontásakor nyert gázokat ily módon értékesíteni akarta, s azt állította, miszerint e gázok elégetése *annyi* melegséget adott, hogy vele egy kis gőzgépet fűthetett, mely viszont a delejvillanyos gépet hajtotta, a vizet szétbontotta s így a gép önmaga készített magának folytonosan tüezet. Persze ez lenne a világ leggyönyörűbb találmánya, egy oly perpetuum mobile, mely a hajtó erőn kívül még napfényhez hasonló világosságot is teremtene, s a mellett még a szobákat is fűtené. A dolog nem volt rosszul kigondolva. El kellett ismerni, hogy az említett eljárásban minden egyes lépés csakugyan lehetséges, s mégis azok, kik már akkoriban tudták az erély megmaradásának törvényét, mindjárt az első hír hallatára bizton állíthaták, hogy ez is a regés Amerika meséi sorába tartozik; amint csakugyan mese is maradt.\*) *A perpetuum mobile* nem a gépészeti nehézségek miatt, hanem *azért lehetetlen, mivel a cél, a mit vele elérni akarnak, természet törvénybe ütközik.* A természet nem tűr törvényszegést.

Csak a tudomány irthatja ki a fattyu-hajtásokat, miket a meg nem értett tudomány terem, és csak a tudomány üzheti el az ábrándképeket, miket a rosszul értett tudomány teremt.

Gyakran hallani, hogy minden változás, mi a világon történik, semmi más, mint magába visszatérő körfolyam. Mennyire köznézet ez, mutatja a Schiller-féle mondás általános kelete:

„Alles wiederholt sich nur im Leben  
Ewig jung ist nur die Phantasie.“

„A mi valahol és valamikor megváltozik, az másutt és máskor visszaváltozik az előbbire, úgy hogy a régi állapot megint csak visszatér, a világ állapota nagyban és egészben a réginél marad. A világ fennállhat tehát, úgy a mint most van, örökre.“



Az erély megmaradásának törvénye egyáltalában nem tiltja e nézetet, sőt — úgy látszik — még nyomatékosan támogatja is. Ha a világon meglevő anyag összes mennyisége, és a világon meglevő erély összes mennyisége állandó, úgy ebből az látszik következni, mintha a világ mostani állapotának is meg kellene állandóan maradni. E következtetés azonban egészen hibás. Arra, hogy a világ állapota megmaradjon, úgy a mint most van, nem elég, hogy az erély összes mennyisége állandó maradjon, hanem még az is szükséges, hogy az erély különböző alakjainak relativ birtoka is ugyancsak a mostani maradjon: tehát a mennyi tömeжерély most van, nagyban és egészben véve, annyi legyen évezredek múlva is; a mennyi a mostani melegség, a mostani villanyosság, a mostani kémiai erély, annyi meg is maradjon örökre. Az erély megmaradásának törvénye azonban minderről egy szót sem szól. Nem kíván egyebet, mint azt, hogy az összes erély maradjon állandó. De az állandó összeg keretében az egyes alakok relativ birtoka még igen sokféleképpen változhatik. Megtörténhetik — e törvény legkevésbé sem akadályozza — hogy a világ összes erélyvagyon a később egészen másképp lesz felosztva az egyes testek és az egyes erély-alakok között, mint most. Megtörténhetik, hogy az erély-alakok között egynek számosabb előnye, nagyobb életképessége, nagyobb jövője van mint a többinek. Az ily alak mellett a többi gyöngébb kivesz, s az összes erélyvagyon annak az egynek kerül a kezére. Az erély összes mennyisége állandó marad: a különbség csak az, hogy az erély *most* többféle alakban nyilvánul, *utóbb* pedig az egész ugyanazt az egy alakot ölténé magára.

Minket embereket azonban nemcsak az erély mennyisége, hanem az erély megosztásának *mikéntje* is igen közelről érdekel. Erélyt nem teremthetünk, az bizonyos; a mit tehetünk csak az, hogy veszünk onnan, hol mindannyiunk számára van, a természet általános raktárából. A hegyi patak, a szél, mely malmainkat hajtja, az erdő, a kőszénteleg, mely gőzgépeinket táplálja és szobáinkat fűti, az étel, mely minket táplál és bennünket fűt, mindannia egy-egy erélytartó, melyből magunknak és gépeinknek meritünk. A molnár úgy szól a víz esetéről, a szél erejéről, mint saját tulajdonáról. A természet erélyösszegének e részei teszik értékessé birtokát.

A mi pedig az erélynek emberi célokra való felhasználhatását illeti, a különböző erély-alakoknak igen különböző értéke van. Igen jó hasznát lehet venni a víz esetének, a szél erélyének, mindennemű tömegmozgásnak: de vajjon lehet-e valamine használni az egyformán szétszóródott melegség erélyét? Igen is, ha van test, mely melegebb a többinél, mint például a gőzgép kazánja melegebb a condensatornál



és a környező légkörnél, úgy ezen *hőmérsék-különbséget* fellehet használni arra, hogy a melegség egy része átváltozzék mechanikai erélylyé. De ha két test egyforma hőmérsékletű, legyen bár bennök borzasztó mennyisége a tömecs-erélynek, még sem nyerhetünk belőlök soha egy mákszemnyi erélyt sem. Valamint a víz is csak akkor végez mechanikai munkát, ha esete van; épp úgy a melegség is csak akkor változhatik át, némi részben mechanikai erélylyé, ha esete van magasabb hőmérsékű testből alacsonyabb hőmérsékű testbe. Tóra ugyan hiába épít a molnár malmot: az egyenletesen elszóródott melegségből nem fog egy gép sem mechanikai erélyt kiszorítani soha.

A melegség tehát csak annyiban változik át mechanikai erélylyé, a mennyiben mérsékletkülönbség van. *De még így sem egészen.* Az elméleti hőtan megczáfolyhatlan számításokkal megmutatja, melyekbe itt természetesen nem ereszkedhetem\*), hogy *mind* az a melegmennyiség, a mit a magasabb hőmérsékű test, tehát a gőzgépeknél a kazán, kiad magából, csak akkor változhatnék át tisztára mechanikai erélylyé, ha az alacsonyabb hőmérsékű test, tehát a gőzgépeknél a condensator vagy a légkör 274 C. fokon állana a fagypontra alatt. Ily alacsony hőmérsék azonban nem létezhetik sehol; mert ha valamely test mérséklete csak egy ezredrész fokkal állana alább — 274<sup>o</sup>-nál, úgy melegségi erélyt teremteni lehetne a semmiből. Ez pedig törvényszegés lenne.

Mihelyt az alacsonyabb mérsékletű test, tehát pl. a condensator hőfoka csak valamivel fölebb áll — 274<sup>o</sup>-nál, úgy a kazánból kiinduló melegségnek egy részét okvetlenül fel kell áldozni, hadd szóródjék el; és csak a hátramaradó részt lehet átváltoztatni mechanikai erélylyé. A gőzgépeknél a kazán összes melegségéből 80<sup>o</sup>/<sub>100</sub>-ot kell föláldozni, és csak 20<sup>o</sup>/<sub>100</sub>-ot lehet fölhasználni munkára. E ropant pazarlásnak oka nem a gépek szerkezeti hiányaiban, tökéletlenségeiben keresendő, hanem egyedül abban a körülményben, hogy *a földi légkör mérséklete igen sokkal magasabb — 274<sup>o</sup>-nál.* És a pazarlásnak semmiképpen sem lehet elejét venni. Ha meg is kísértjük, a mint meg is kísértették, oly gépeket szerkesztetni, melyek a mérséklet-különbséget arra használják fel, hogy a melegség ne közvetlenül változzék át mechanikai erélylyé, hanem előbb a villanyossági, vagy chemiai erély alakját vegye fel: akkor sem lehet a pazarlás egészen elkerülni; a melegség egy részét akkor is fel kell áldozni annak a molochnak, a mit egyenletesen elszóródott melegségnek nevezünk.

\*) Az ide vonatkozó képlet szavakba átírva így hangzik:

$$\frac{\text{a kazánból kiinduló meleg} - \text{a condensatorba érő meleg}}{\text{a kazánból kiinduló meleg}} = 1 - \frac{274 + \text{a condensator mérséklete}}{274 + \text{a földi mérséklet}}$$



Az emberi czélokra való használhatóságot illetőleg az erélynek különféle tehát a *minősége*; legjobb a mechanikai erély: ezt közvetlenül is igen sokra, közvetve pedig mindenre lehet használni, legrosszabb az egyenletesen szétszóródott melegség: ez többé vissza nem változik semmiféle más erélyalakra. Az egyenletesen szétszóródott (dissipált) melegnek mennyisége semmiképp sem fogyasztható. De vajjon szaporodhatik-e? *Minden lépten-nyomon.* A magasabb mérsékletű testek melegsége folyvást azon van, hogy hővezetés és hősugárzás által az alacsonyabb mérsékletűekre átvándoroljon és a hőmérséki súlyegyent helyre állítsa. A földi testek mozgását a közegsurlódás, ütközés folyvást kényszeríti alakcserére, s nincs surlódás, nincs ütközés, miközben több, kevesebb melegség ne keletkeznék. Magának a földnek tengely körüli forgása sem marad érintetlenül: saját szülötte az árapály- és dagálynak keringése folyvást készíti belőle a meleget. És ha Encke üstökösének pályakisebbedése csakugyan az interstellaris közeg surlódásából származik, úgy e surlódás a planéták mozgási erélyét is folyvást kisebbíteni fogja. Valahányszor a villanyossági és chemiai erély alakot cserél és átváltozik egyik a másikra, a melegség mindig jelen van mint osztozkodó. Szóval a melegség minden alakcserénél, minden változásnál kiveszi a maga részét, és egészen soha sem adja vissza.

És mi lesz elvégre is a következménye az alakváltozások ezen egyoldalú menetének?

Mielőtt e kérdés taglalatába ereszkedünk, tekintsünk magunk körül s lássuk az erélynek mily forrásai állanak rendelkezésünkre.

Kezdjük magunkon.\*) Mindannyiunk organismusában bizonyos mennyiségű erély, bizonyos munka-képesség rejlik. Izmai megfeszítésével a kovács borzasztó sebességet tud adni az iromba pörölynek, melyet kezeiben forgat. Mi az a mi felemésztetik, hogy ezen tömeg-erély keletkezzék? Ime a felelet: a kovács testének szövetei emésztetnek fel. Ha huzamosabb ideig dolgozik, megviseli a test szöveteit s a természet táplálékot és nyugalmat kíván: táplálékot, hogy anyaga legyen új és erélyes szövetek készítéséhez; nyugalmat, hogy ideje és érkezése legyen a hiány pótlására. E szerint az ember testi erélye abból a táplálékból származik, amit magába vesz; és ha sokat dolgozik, vagyis sok erélyt ad ki magából, sokat is kell magába vennie, sokat kell ennie. Az erős munkára kényszerített fegyenczet jobban kell tartani, mint azt, ki egyszerűen be van börtönözve; a katona ellátásának nagyobbnak kell lenni háborúban, mint a béke idején.

\*) Balfour Stewart: „Lessons in elementary Physics.“ London, 1870.



De honnan veszi a táplálék az erélyt, mit a testnek kölcsönöz? Táplálékunk részint az állat- részint a növényországból való. Az állat húásával az állati test erélyének egy részét iktatjuk magunkba. És honnan vette az állat, melynek húsát eszszük, a maga erélyét? Kétség kívül abból a táplálékból, melyet fölemésztett. Így elvégre oda jutunk, hogy valamint a növényevő állat közvetlenül, úgy a húsevő állat és az ember is közvetve a növényországból meríti szervezete erélyét. Menjünk még egy nyommal előbbre és kérdezzük, honnan veszik erélyüket a növények?

Hogy e kérdésre megfelelhessünk, állapítsuk meg, mi történik a növények leveleiben. Minden levél egy-egy kis laboratórium, melyben agens gyanánt a napsugár működik. A napsugár bizonyos fajtája behatol e kis műhelybe s ott mindjárt hozzálát a szénsav vegy-bontásához: azt szétválasztja alkotó részeire, oxigén- és szénenyre. A kiválasztott oxigén elillan a levegőbe, míg a széneny egy vagy más alakban feldolgozódik és áthasonul (assimilálódik).

A feldolgozandó nyers anyag: a szénsav, melyet a növény a levegőből vesz; az erély forrása: a napsugár; a vegy-folyamat egyik terméke: az áthasonult széneny, a másik pedig: a levegőbe visszabocsátott oxigén. Az a működés tehát, a mi a növény levelében végbe megy, épp ellenkezője annak, a mi a közönséges tűzben történik. A tűzben elégetjük a szénényt, vagyis összekapcsoljuk oxigénnel, hogy szénsavat alkosson; és e közben a helyzeti erélyt, mely az oxigén és széneny különléteiből származik, átalakítjuk melegségi erélylyé. A levélben pedig e két anyag, melyek ha egyszer összekerültek, oly erősen összetartanak, szétfeszegettetik egymástól; és a hatalmas agens, mely e szétválasztást létesíti, a napsugár. A napsugarak erélye az, mely a levélben átváltozik helyzeti erélylyé, t. i. azzá a helyzeti erélylyé, melyet az oxigén és széneny különlétele képvisel. A széneny, vagyis inkább a növényrost, mely a szénényt magába veszi, a helyzeti erélynek egyik alakja; és az oxigénnel megint egyesülvén, akár közvetlen elégés útján, akár egyébként, a benne levő erélynek nagy részét átszolgáltatja a környezetnek. Ha a fát elégetjük a tűzhelyen, szénenyének helyzeti erélye melegséggé változik, és ha növényieket eszünk, szénenyök helyzeti erélye átszarmazik és áthasonul saját szervezetünkbe, hol az végre is részben munkává és részben megint meleggé alakul. A növény képződéséhez a föld adja az anyagot, de a napsugár fekteti bele az erélyt. A napsugár élteni a növényt, a növény táplálja a marhát; és végre a marha húsa tartja fenn saját szervezetünket. Ha e nézet helyes, és helyességében kételkedhetik-e valaki? — úgy magunkra nézve azt a hízogó eredményt vonhatjuk le belőle, hogy mindazon erő, mely



testünket élteti és mozgatja, eredetét a legtisztább napsugárból veszi, és hogy a nemesi származás dolgában semmivel sem állunk hátrább, mint a sínai birodalom nagy császára, ki magát a *nap fiának* nevezi.\*) De persze ez az *éteri erdőt* nem kizárólagos sajátunk; osztozik benne minden állat, az egész növényvilág, még a tüzelő anyag is, legyen akár ősvilági, akár újabb termés, melylyel kályháinkat és gépeinket tápláljuk.\*\*)

É hatásokon kívül még egyéb erélyalakok is vannak, melyeket a nap sugarainak köszönünk. A molnár, ki a víz esetét, vagy a szél erejét gabnaörlésre használja, a hajós, ki a vitorlát szélnek feszíti, épp úgy a napsugarak erélyét veszi igénybe, mint az, ki táplálékot vesz magához, vagy gőzgépet fűt. Leszámítva az árapály és dagály vándorlását, melyet a földnek tengely körüli forgása eszközöl, leszámítva a termés-kén és termésfémek kémiai erélyét, minden egyéb erélyalak, mely a földön rendelkezésünkre van, a napsugaraknak köszöni lételet.

Fog-e a nap örökké világítani? Vagy ki fog-e az is valamikor aludni? Van-e elgondolható ok, minek következtében a nap elkerülhetné azt a közös sorsot, mely minden tüzre vár — a kialvást? Nincs. A nap nagyobb, melegebb, tovább tart mint egy közönséges lámpa, de mégis csak lámpa az.

\* \* \*

Lássuk még, mi lesz elvégre is a következménve az erélytransformatiók azon egyoldalú menetének, mely szerint a *melegség minden alakcserénél, minden változásnál kivieszi a maga részét és egészen soha sem adja vissza.*

Ha a *mechanikai, villanyossági és kémiai erély mennyisége folytonosan csökken*, az egyenletesen elszóródott, s így változás alá többé nem eső *melegség pedig folytonosan szaporodik*;

ha a *hőszugárzás és hővezetés a még meglevő mérsékleti különbséget folytonosan kiegyenlíteni és a mérsékleti súlygyeget helyreállítani törekszik*;

\*) Helmholtz: *Populäre wissenschaftliche Vorträge*.“ II. füzet. 1870. 122. l.

\*\*) Az összefüggés mikéntjét a napsugár és a növényélet között, úgy látszik, Stephenson, a vasutak és a gőzmozdonyok feltalálója sejtette először. Az angolok büszkén emlegetik azt a párbeszédet, mely valami negyven éve a híres mérnök és Buckland geológ között folyt Sir Robert Peel egyik parkjában. — Vasútvonat robogott el mellettök.  
— Micsoda hatalom lehet az, a mi e tömeget oly gyorsan odább szállítja? mondá Stephenson, mintegy magában tündődve.

— E hatalom az ön lokomotívja, válaszolá Buckland mosolyogva.

— De honnan veszi a lokomotív ezt a hatalmat? kérdé Stephenson.

— A newcastlei szén melegségéből, mely a kazán rostélyai alatt ég, felelé Buckland.

— És a szén honnan veszi e képességet? Én meg vagyok győződve — folytatá Stephenson kis vártat mulva — hogy a nap ereje, az az sugarainak fénye és heve az, mely a szényre gyülekszik, mikor ez a növény lélegzése közben a szénsavból kiválik.

(*Revue des Cours Scientifiques Tom. III.*)



és ha a világegyetem mindig azon törvényeknek lesz alávetve, melyek most uralkodnak fölötte:

úgy a természet ezen határozott tendenciája elvégre is az erélynek tökéletes dissipációjára, az erélynek minden test közt egyenlő mértékben való elosztására, valóságos erély-communismusra fog vezetni. A természet ezen communistikus irányzata minden jelenségben, legyen az mechanikai, chemiai, villanyossági vagy hőtani jelenség, félreismertetlenül ki van fejezve. Minél inkább közeledik a világ ezen határállapot felé, annál csekélyebbek lesznek a további változások; és ezen határállapotban *semminemű változás többé nem történhetik, semminemű processus többé nem mehet végbe*: ez az örök tétlenség, az örök egyformaság, az örök halál.\*)

Ámbár a világnak ezen határ-állapothoz való közeledése csak igen lassan történik (hiszen kisszerű geológiai változásokra oly óriási nösszű idők kellenek, melyekhez képest a történelmi 6000 év csak egy pillanat) ámbár a világ ezen határállapottól még igen messze van; mégis, úgy hiszem, érdekes tudnunk, hogy a természetben nincs tökéletes körfolyam, s hogy állapota minden életet kioltó egyformaságra törekszik.

\*) A physikai erély dissipációjára vonatkozó irodalmat, a budapesti nyilvános könyvtárakban, a következő értekezések és önálló munkák képviselik:

a) W. Thomson: „On a universal tendency in nature to the dissipation of mechanical energy.“ (Phil. Mag. 1852.) — W. J. Macquorn Rankine: „On the reconcentration of the mechanical energy of the universe.“ (Phil. Mag. 1852.) — „On the general law of the transformation of energy.“ (Ibid. 1853.) — H. Helmholtz: „Über die Wechselwirkung der Naturkräfte.“ (Königsberg, 1854.) — R. Clausius: „Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie.“ (Braunschweig, 1864.) — „Über den zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie.“ Braunschweig, 1867.) — Balfour Stewart: „What is Energy?“ (Nature Vol. I. II.) — J. Clerk Maxwell: Opening Adress to Section A. (British Association, Liverpool, 1870.)

b) Thomson & Tait: „A Treatise on Natural Philosophy.“ Vol. I. (Oxford 1867.) — Guthrie Tait: „On Thermodynamics.“ (Edinburg 1868.) Ugyanaz francziára fordítva Moigno által: „Esquisse historique de la théorie dynamique de la chaleur“ cím alatt. (Paris, 1870.) — Balfour Stewart: „An elementary Treatise on Heat.“ (Oxford, 1866.) „Lessons in elementary Physics.“ (London, 1870.) — A. Fick: „Die Naturkräfte in ihrer Wechselbeziehung.“ (Würzburg 1869.) — A Dupré: „Théorie mécanique de la chaleur.“ (Paris, 1869.)









