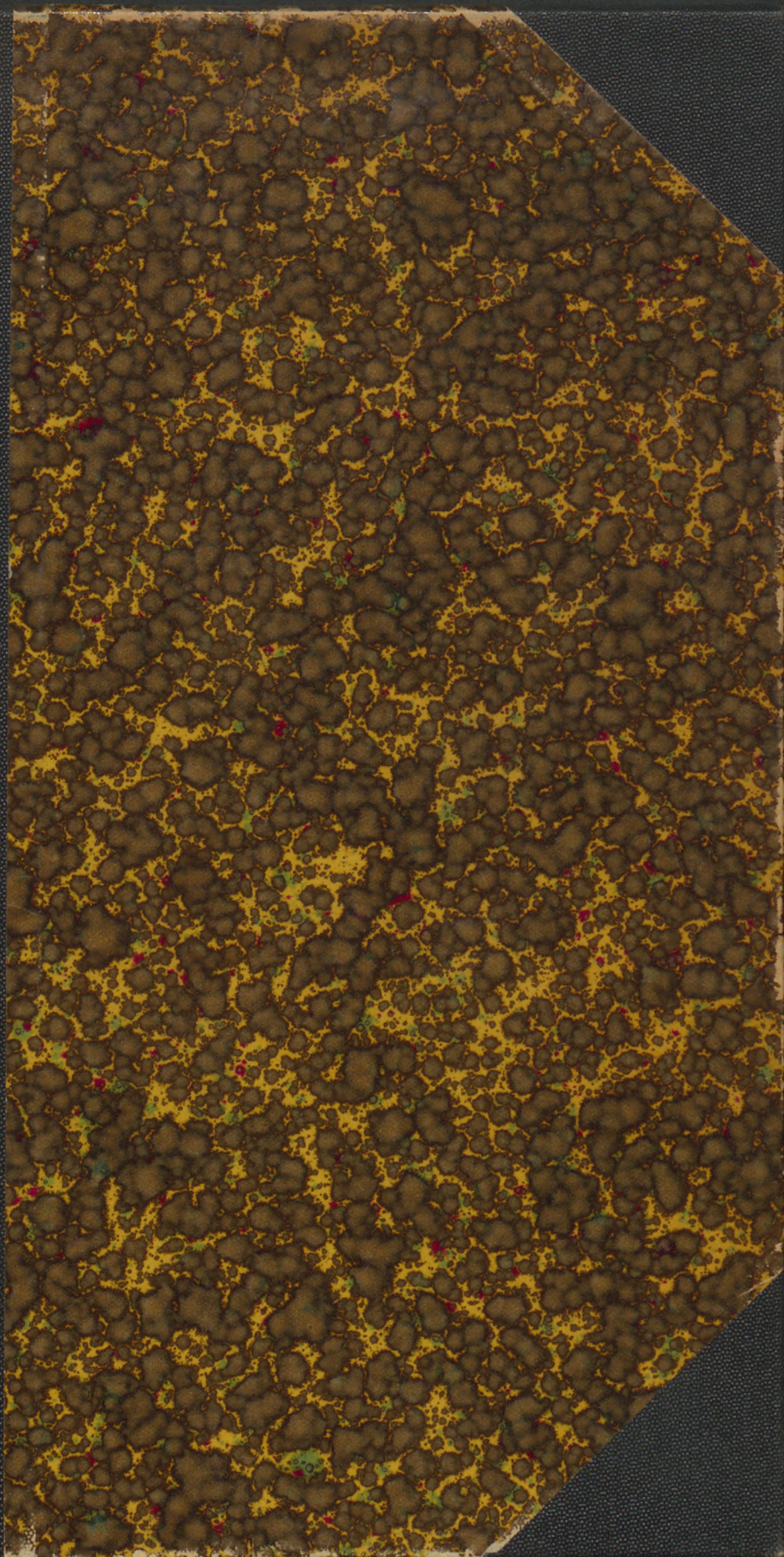
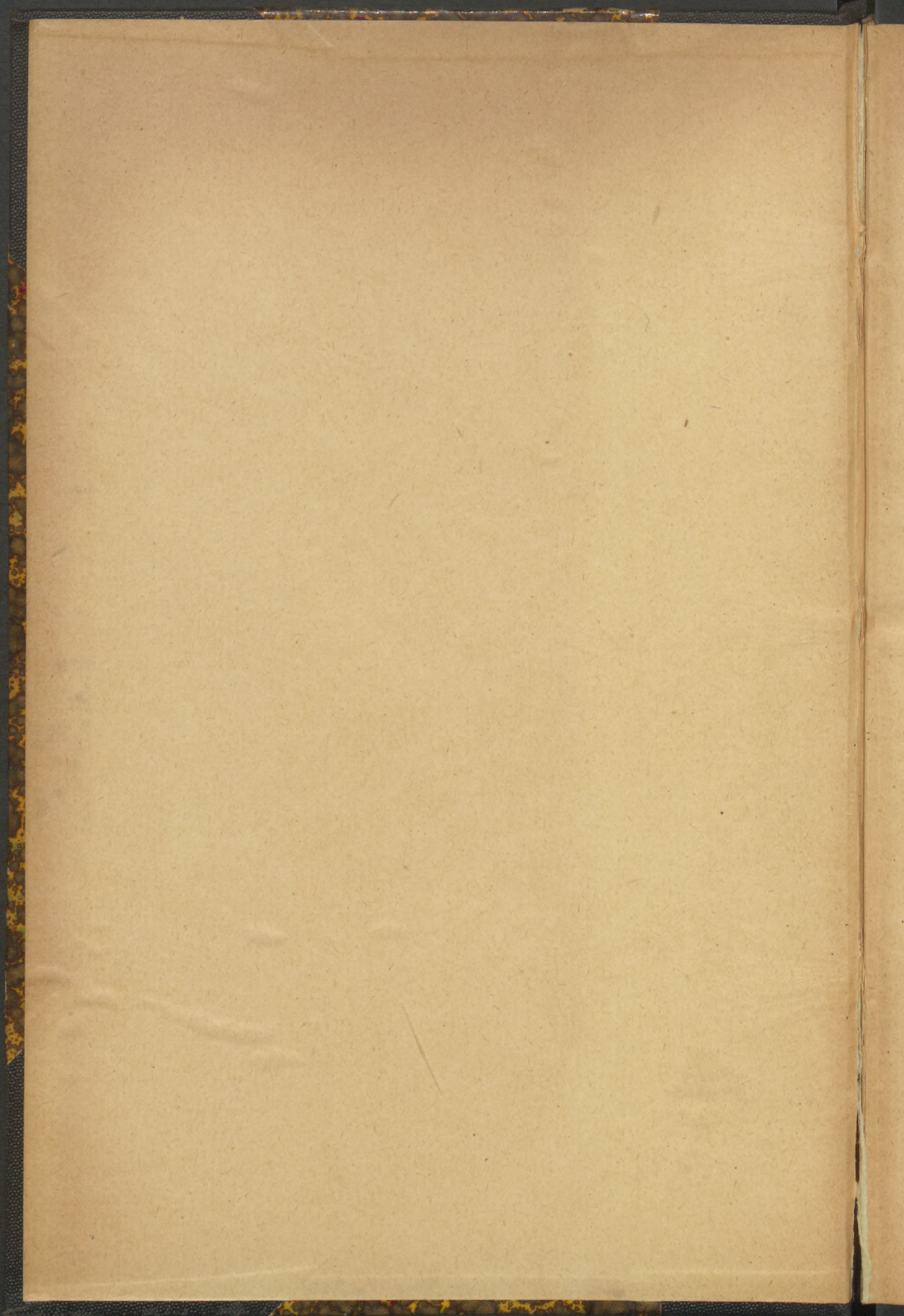


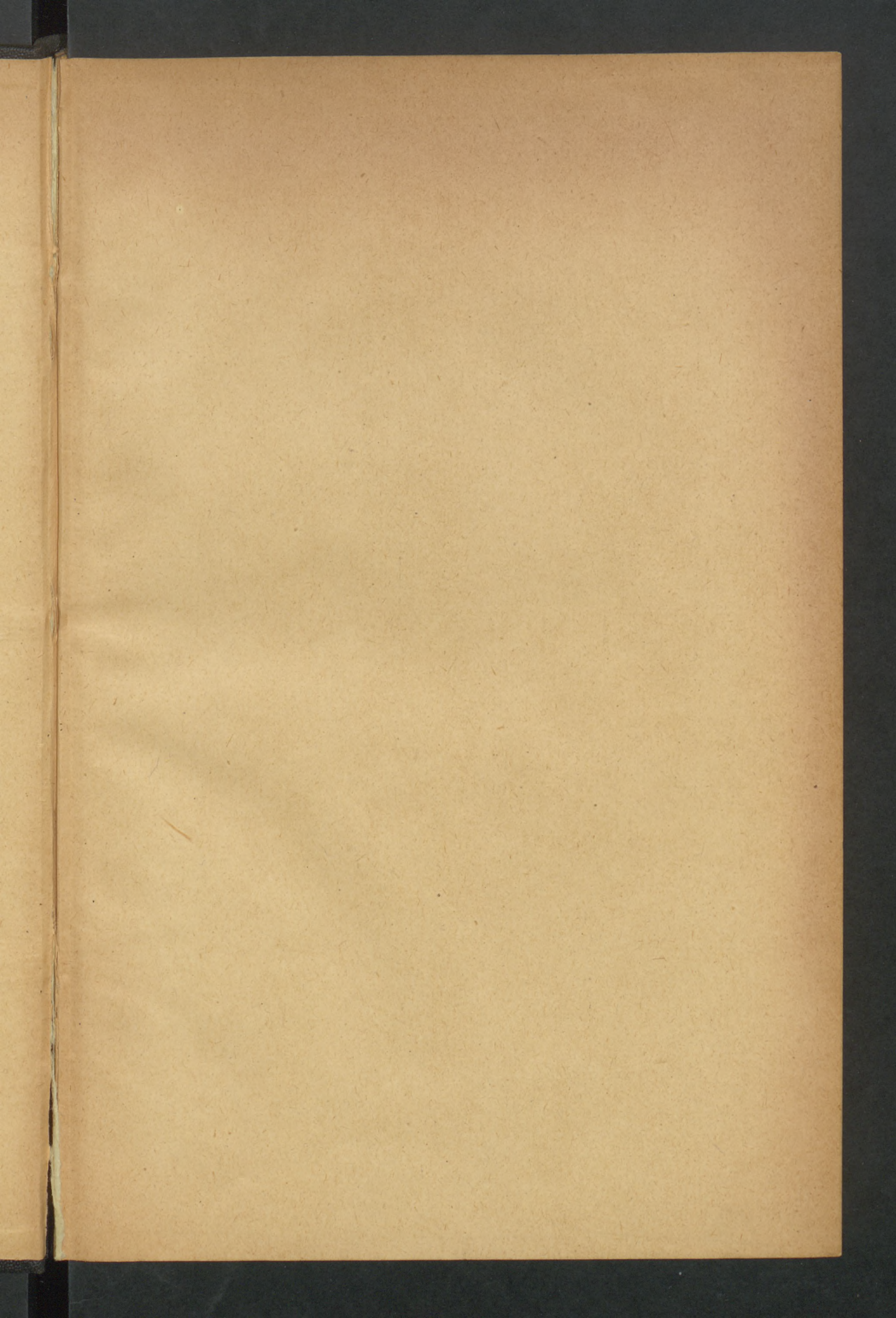
295992



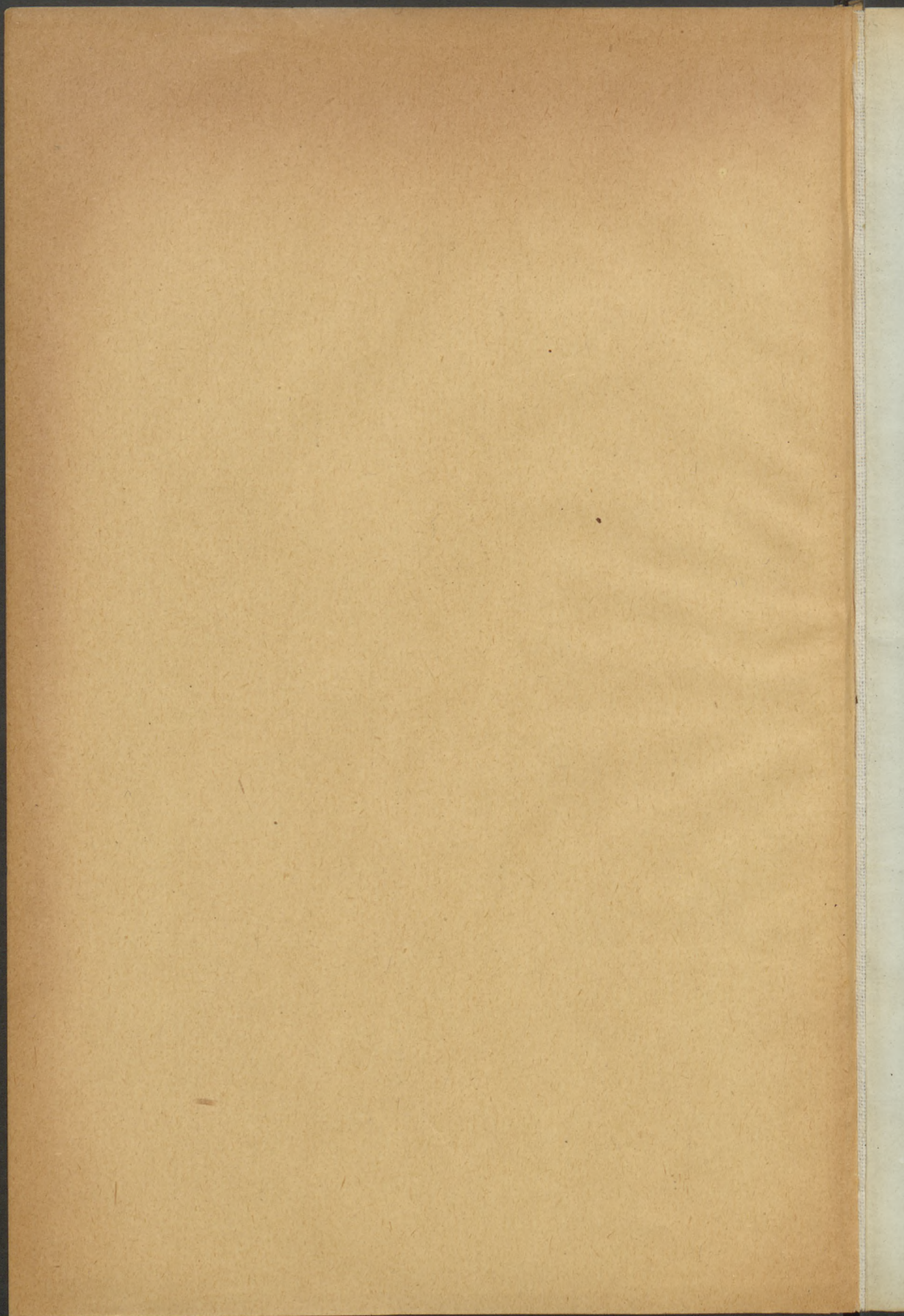














402 po- 88

# ENERGETIKA ÉS BÖLCSELET

AZ

ENERGETIKAI ALAPTÉTELEK TARTALMA, TER-  
MÉSZETTUDOMÁNYOS ÉRTÉKE ÉS BÖLCSELETI  
JELENTŐSÉGE

IRTA

DR. SCHÜTZ ANTAL  
KEGYESRENDI TANÁR

KÜLÖNLENYOMAT

A HITTUDOMÁNYI FOLYÓIRAT 1908. ÉVI FOLYAMÁBÓL



BUDAPEST

AZ ATHENAEUM IRODALMI ÉS NYOMDAI R.-T. NYOMÁSA

1908







# ENERGETIKA ÉS BÖLCSELET

AZ  
ENERGETIKAI ALAPTÉTELEK TARTALMA, TER-  
MÉSZETTUDOMÁNYOS ÉRTÉKE ÉS BÖLCSELETI  
JELENTŐSÉGE

IRTA  
DR. SCHÜTZ ANTAL  
KEGYESRENDI TANÁR

KÜLÖNLENYOMAT  
A HITTUDOMÁNYI FOLYÓIRAT 1908. ÉVI FOLYAMÁBÓL



BUDAPEST  
AZ ATHENAEUM IRODALMI ÉS NYOMDAI R.-T. NYOMÁSA  
1908



Pl. 87. kb.  
1059



295992




M. N. MUZEUM KÖNYVTÁRA  
I. Nyemt. Növedéknapló.  
1908 .év. 501 .sz.





## ENERGETIKA ÉS BÖLCSELET.

— Az energetikai alaptételek tartalma, természettudományos értéke és bölcséleti jelentősége. —

 AZ EXAKT természettudomány évszázados szellemi munkában kidolgozott egy szabatos programot: Lemérni mindent, amiről érzékeink útján tudomásunk van, kifejezni az érzékelhető állapotokat mennyiségtani függvényekben, az állapotváltozásokat pedig számokban, és e révén megalkotni az érzéki világ mennyiségtani képét, mely könnyen és biztosan eligazít az állapotok egyetemes összefüggésében, és módot ad előre megmondani a bekövetkező jelenségeket — savoir pour prévoir.

E programot egy értelemmel vallják az exakt tudományok hivatott munkásai. De nincs közöttük egyetértés arra nézve, mely alapfogalmak legalkalmasabbak az érzéki jelenségek mennyiségtani kezelésére. Galilei és Newton erőik és mozgások mechanizmusában látták a szervetlen világ legegyszerűbb és legtermészetesebb mennyiségtani ábrázolását, s lángszellemük varázsa hosszú uralmat biztosított a mechanikai természetfölfogásnak, amely már le sem szorulhat egészen. A múlt század ötvenes éveiben a mechanikai fölfogás talaján támadt, s azóta részben vele párhuzamosan, részben divergens irányban halad az energetikai fölfogás, mely vagy huszonöt év óta következetesen küzd



az egyenjogúságért, sőt uralomért. Fogalmainak közvetlensége és tapasztalati jellege, módszerének következetessége és különösen alaptételeinek egyetemessége és részben meglepő tartalma szokatlan érdeklődést keltettek messze a szak tudósok körén túl. Vargák ott hagyták kaptáikat, és bölcselők, teologusok, apologeták, bölcselő természettudósok csapatosan rávetették magukat e tételekre, ki meg nem értve vagy félreértve jelentésüket, ki összezagyválva határait, s oly zavart támasztottak, melyből nem kínálkozik más mód a kibontakozásra, mint a visszatérés a kiindulóponthoz.

Az energetika az exakt természettudomány mezején nőtt föl, ezért mindenekelőtt azzal kell tisztába jönni, az exakt természettudomány mit tanít felőle, csak azután lehet a természettudományos és bölcséleti álláspont külön jellegének folytonos szemmeltartásával kérdésbe tenni: az értelmi élet többi terén, nevezetesen bölcséletben mi jelentősége van az energetikának. A jelen fejtegetésnek ez a célja és útja.

## I. FEJEZET.

### Az energetikai alaptételek tartalma.

1. §. **Munka és munkaképesség.** Az energetikai alapgondolat helyes megértésének kulcsa a munka fizikai fogalma.

Munka nevén közönségesen az erő kifejtés eredményét értjük. Egy kőnek megemelésénél, tartásánál, elhajításánál izomerőt fejtünk ki, munkát végzünk. E személyes tapasztalatot a közönséges életben is már általánosítjuk; állatok, gépek is végeznek munkát. Ezt a fogalmat az exakt természettudomány kiterjeszti az összes érzéki jelenségekre. De ugyanakkor utána lát, hogy mennyiségként legyen kezelhető és értéke számokkal kifejezhető.

Ugyanígy tett az erő fogalmával. Öntudatunk tanúsága szerint izomerőnk az, ami mozgásba hozza pl. a tekegolyót; és ennek módjára mozgató erőkről beszélünk másutt is, hol mozgásokra akadunk. Midőn az exakt természettudomány



az erő fogalmát átvette, szabatosan úgy határozta meg, mint a mozgásváltozás okát, és a gyorsulás és tömeg szorzatával mérte.

Minthogy az exakt természettudományt csak a jelenségek számértékeinek függvényes összefüggése érdekli,<sup>1</sup> az erő fogalmából a hatóokság jegyét, melyet már Newton, az erő exakt meghatározásának atyja is elhanyagol,<sup>2</sup> lassankint egészen kiküszöböli, s ma ilyenféle gondolatmenettel határozza meg az erő exakt fogalmát: Az alapvető természettudományos fogalmak közül a *tömeg* ( $m$ ) az a mennyiség, mely adott körülmények között, pl. kizárólag két test ütközésénél fordítva arányos a gyorsulással ( $a$ ). Következésképp a tömeg és gyorsulás szorzata ( $m \cdot a$ ) az adott körülmények között valamely testre vagy rendszerre nézve jellemző mennyiség. Míg e mennyiség ugyanaz, addig az illető test vagy rendszer állapota is ugyanaz; ha e mennyiség változik, változása megint jellemző lesz a test vagy rendszer állapotváltozásának. A tömegnek és gyorsulásnak e jellemző szorzatát az adott körülmények között jelenlevő vagy működő erőnek ( $f$ ) mondjuk. E meghatározásból folyik, hogy egyenlő tömegek mellett az erők a gyorsulással, egyenlő gyorsulások esetén a tömegekkel arányosak; tehát

$$f : f_1 = a : a_1 ; f : f_1 = m : m_1^3$$

Ez az erőmeghatározás mint tényező szerepel majd a munka exakt fogalmában is; hisz a munka erő kifejtés eredménye, tehát arányos vele. A munka másik meghatározó tényezője lehet vagy az az idő, melynek tartama alatt az erő működik, vagy oly tényező, melyben az erő kifejtés eredményének értéke jut kifejezésre. Legegyszerűbb az erő eredményét azon út hosszával mérni, melyet az erő hatása alatt megtett a mozgatott test. Itt csak az a bökkenő, hogy az erő kifejtés eredménye sokszor nem jelentkezik út meg-

<sup>1</sup> L. Chwolson, Lehrb. d. Phys. I. 1902. 21. kk.

<sup>2</sup> L. Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung dargest. 1904. 203. l.

<sup>3</sup> Winkelmann, Handb. d. Phys. I<sup>2</sup>. 1906. 42.



tételében ; pl. egy súlyos tárgynak nyugodt tartása nyilván munkába kerül, holott megtett útról itt nem lehet szó. Ez esetben azonban a testet két erő mozgatja egyenlő értékkel, de ellenkező irányban, t. i. a tömegvonzás és karunk izomereje. Mindegyik külön-külön eltolná a megfelelő útnak hosszán, ha a másik nem gátolná. Tehát általánosságban lehet azt mondani : az exakt tudományok szemében a munka szorzat, melynek egyik tényezője a működő erő, másik pedig az az út, melyet megtesz a mozgatott test, vagy megtenne, ha nem volna gátolva. A munka tehát az erő és út szorzata ; az erő pedig a tömeg és gyorsulás szorzata, és így a munka kifejezhető a három alapvető mennyiséggel : tömeg, idő, hosszúság.

Csak azt jegyezzük még meg : a tömegek mozgatása mechanikai munka nevet visel. A mechanikai munka tehát a munkának egy faja ; mivel azonban a munka fogalmának általánosítása belőle indult ki, és szemléletesebb és egyszerűbb képeket nyerünk, ha más munkafajokat is lehetőleg mechanikai munka formájára gondolunk el, az exakt természettudományoknál homloktérben áll a mechanikai munka fogalma. Hogy a mechanikai munka az alapvető fogalom az energetikában, annak okául azt is lehet venni, hogy közvetve minden erőt a nehézségerővel mérünk ; ez pedig mechanikai erő.<sup>1</sup>

Tegyünk már most kérdést a természetnél : az ily értelemben vett munkának hol vannak a forrásai ? Azt kapjuk feleletül, hogy az izomerő nem az egyedüli, sőt nem is a legjelentősebb. A széláram és vízfolyás már a régiektől nagyban kihasznált s ma is szinte kimeríthetetlen munkaforrást képviselnek. Gőzgépeink munkáját a hő szolgáltatja, villamosainkat elektromosság hajtja, s a hőnek és elektromosságnak forrása köszön elége, vagyis vegyi folyamat ; és szelek járása, vizek folyása és éghető anyagok fölhalmozódása földünkön végelemzésben a napsugárzásnak

<sup>1</sup> L. Wundt, Logik II<sup>3</sup>. (Logik d. exakten Wissenschaften) 1907. 429, 445.



köszönhető — megannyi munkaforrás. Nos, testeknek oly csoportját, melynek tagjai bizonyos fizikai változások tekintetében kölcsönös viszonyban vannak, egymást befolyásolják, a természettudomány általában rendszernek nevezi. Egy szélmalom és a szél, egy folyó s benne a vízimalom, egy befűtött gőzgép, bizonyos mennyiségű kőszén, a föld s a nap mind ilyen értelemben vett rendszerek, még pedig azért, hogy képesek munkát végezni. Ha egy rendszer képes munkát végezni, azt mondjuk, hogy energiával rendelkezik.

2. §. **Energia és energiák egyenértéke.** Azonban könnyen hiányos, sőt hibás fölfogást nyerhetnénk az energiáról, ha egyszerűen csak azt mondanók: Az energia munkaképesség. Közelebbről meg kell jelölni két jellemző jegyét.

a) Minden rendszerben és itt is minden pillanatban az energia mennyisége függ bizonyos tényezőktől, melyek e rendszert jellemzik. Míg e tényezők ugyanazok, az energia mennyisége is ugyanaz; ha e tényezőknek csak egyike változik, vele arányosan változik az energia mennyisége is. Igy pl. a vízimalmot hajtó patak munkaképessége mindig függ az aláfoló víznek mennyiségétől és az esés magasságától; amint változik bármelyik, arányosan változik az energiája is. A szaktudósok ezt úgy fejezik ki, hogy az energia a rendszer állapotának egyértelmű és véges értékű folytonos függvénye.<sup>1</sup>

b) Az energia és munka egyenlő értékűek. Ez annyit jelent: Ha egy rendszer, pl. gőzgép munkába lép, az az energiája, mely a munkát szolgáltatja, folyton fogy, még pedig akkora mennyiségben, amennyi a végzett munka mennyisége; a rendszer a munkát energiája rovására végezte. És viszont, ha egy rendszer munkában van, e munka fejében valahol valamilyen alakban energiát halmoz föl, akkora értékűt, amekkora a végzett munka. Ha a rendszer beszünteti munkáját, fölemészttett megfelelő mennyiségű energiát, mely a

<sup>1</sup> Chwolson, Lehrb. d. Phys. I. 118, 119.



munkát szolgáltatta, de ez az energia nem vészett el; a munka a maga részéről ismét energiát létesített valahol, és az előbbi energia, a munkának forrása, és utóbbi, a munka eredménye, pontosan egyenlő két mennyiség.

Következik ebből: a munka az energiának mértéke. Akkora energiája van egy rendszernek, amekkora munkát képes végezni. (Csak melleleg jegyezzük meg, hogy nem sikerül sohasem egy rendszernek összes energiáját munkába váltani, s ezért nem mérhető meg sohasem egy rendszer abszolút energiátartalma.) Mivel a munka mértékét a mechanikai munka, vagyis az erő és út szorzata szolgáltatja, a szaktudomány az energiák mechanikai egyenértékéről beszél, s ezzel azt akarja mondani — sem többet, sem kevesebbet, — hogy bizonyos energiamennyiséggel alkalmas módon meghatározott mennyiségű mechanikai munkát lehet végeztetni, illetve bizonyos munkamennyiség megfelelő mennyiségű energiát létesít; egyik a másikkal mérhető.

S ez a szempont döntő a természeti jelenségek energetikai tárgyalására nézve. Mert hiszen hogy a mechanikai munka és pl. a hő között valami összefüggés van, azt már D. Bernoulli s mások is sejtették; Rumford gróf és H. Davy kísérletei után pedig bizonyossá vált.<sup>1</sup> De az energiának mint önállóan értékesíthető exakt természettudományos fogalomnak bevezetése és vele a természeti jelenségek energetikai tárgyalása csak akkor vált lehetővé, midőn a XIX. sz. derekán R. Mayer, Joule, Helmholtz kimondották és kimutatták a hőnek mechanikai egyenértékét (egy nagy kalória = kb. 426 méterkilogram). Ezzel az energia fogalma mennyiségtanilag meghatározott tartalmat nyert, melyet kifejez az *energia megmaradásának elve*.

Nem egyéb ez, mint az energiák mechanikai egyenértékének kijelentése tétel alakjában. Értelme tehát ez: ha bárhol történik mechanikai munka, az megfelelő energiamennyiség rovására megy végbe; de viszont maga ugyan-

<sup>1</sup> Helm, Die Energetik nach ihrer geschichtlichen Entwicklung 1898. 8.



akkora mennyiségű energiát hoz létre. Más szóval, minden munka megfelelő mennyiségű energiából és minden energia megfelelő mennyiségű mechanikai munkából, vagy más energiából táplálkozik; energia nem keletkezik semmiből, és nem válik semmivé.

A szervesetlen világ összes változásai ilyen energiaváltozások. Ha az energia eltűnik egyik alakjában, pl. mint hő, villamosság, testmozgás, ezen közben munkát végez, és e munka ismét energiát létesít testmozgás, hő, vegyi energia stb. alakjában. S a változások minden pillanatában az eltűnt régi és a valahol fölhalmozódó új energia mennyisége egyenlő. Azt lehet mondani: az összes anyagi változások energiaáthelyezések, hol a munka viszi a közvetítő szerepet.

Ha tehát a bennünket környező jelenségvilág egészéből kiszemelünk egy rendszert, mely energia tekintetében a környezettől teljesen el van szigetelve, — a szaktudomány zárt rendszernek mondja — az ilyen rendszer a környezettől nem kap és a környezetbe nem ad le energiát; s mivel a változások csak energiaáttételek, melyeken az egyenértékűség elve uralkodik, azt is mondhatjuk: Zárt rendszerben az energiák mennyisége állandó.

Ez az energetika első alaptételének legcsattanóbb kifejezése. Ha idevesszük Lavoisier nagy törvényét, mely a tömegek megmaradását állapítja meg, mondhatjuk azt, hogy zárt rendszerben az összes változások közepette állandó marad két mennyiség; egyik a tömeg, másik az energia. A szervesetlen világ tudományos megismerése ez alapon nem egyéb, mint e két állandó mennyiség alakváltozásainak törvényeit megállapítani, s ezen összes törvények rendszere az állandóság e két nagy tételét kifejező egyenletek rendszere lesz: a tömegek és energiák változásaiban a változások kiinduló pontjának, a terminus a quo-nak és végpontjának, a terminus ad quem-nek mindig egyenlőnek kell lennie. A tömegek állandóságának világánál a vegytan, az energiák állandóságának vezérfonalán a fizika fárad a szervesetlen világ tudományos megismerésén. A fizikai kémia, az exakt tudományok e nagyreményű fiatal sarja pedig mind-



két elvet vallja vezéricsillagául s talán útját egyengeti a két alaptétel majdani nagyszerű egyesítésének: az »állandóság törvényének« alakjában.

Igaz, a földön zárt rendszert nem lehet előállítani. Azért a vizsgálat alá vett rendszernél, pl. a dolgozó gőzgépnél mindig számba kell venni azon energiaváltozásokat is, melyek a rendszer körét átlépték; a mi esetünkben pl. a levegőbe oszló hőt. De mi sem tiltja, hogy e változásokat hordozóikkal szintén bele vegyük rendszerünkbe; tehát a gőzgép szempontjából a levegőt, földet, napot; így a nap-rendszer pl. már majdnem zárt rendszer lesz.

Az első alaptétel feleletet ad a perpetuum mobile kérdésére. Perpetuum mobile t. i. nem egyszerűen akármilyen szerkezet, mely vég nélkül mozog, mert ebben semmi elvi lehetetlenség nincs,<sup>1</sup> hanem olyan szerkezet, mely állandóan képes kifelé munkát szolgáltatni anélkül, hogy energiáját kívülről növelni kellene. Mivel láttuk, hogy munka csak megfelelő értékű energia árán nyerhető, kimondhatjuk, hogy az ilyen perpetuum mobile lehetetlen. Ez is az első alaptételnek egyik fogalmazása. A régiek törekvéseinek, melyek ilyen gépek kitalálására irányultak, tehát meg kellett hiúsulniok; de nem maradtak minden eredmény híjjával; kerülőúton rávittek az energiák állandóságának törvényére; épúgy, mint az alkímisták kísérletei a kémiai elemek állandóságának s közvetve a tömegek állandóságának tudatára ébresztették a kutatókat.

3. §. **Energiafajok.** Ha már most keressük a különféle energiák osztályozását, legegyszerűbben megint a mechanikai viszonyok szemléléséből indulunk ki. A mechanikai energetikai rendszer (vagyis oly rendszer, mely a »tömegek« energetikai állapotánál fogva képes munkát végezni) vagy bizonyos részeinek mozgásánál fogva rendelkezik energiával, mint pl. a forgó szélmalom, vagy bizonyos részeinek helyzeténél fogva, pl. a fali óra fölhúzott súlyával. Ha amaszt mozgási (kinetikai), emezt helyzeti (sztatikai) energiának

<sup>1</sup> »Tényleg« létesíthető-e, alább látjuk.



nevezzük, az energiákat két nagy osztályba sorozhatjuk. Galilei és Newton óta az exakt természettudomány tudvalevőleg arra törekszik, hogy a szervesen világ összes jelenségeit bizonyos legkisebb anyagrészecskék, molekulák és atomok mozgásaként kezelhesse, és az összes anyagi törvényeket e parányok mozgásaira alkalmazott mechanikai törvényekül tüntethesse föl (kinetikai vagy mechanikai természetfölfogás). A korunkbeli tudomány tehát ebben az irányban az energetikai állapotok jellemzését is a parányoknak mozgásában vagy kölcsönös helyzetében keresi; tehát minden energiát nem egyszerűen mechanikai energia módjára, hanem annak egy eseteként iparkodik fölfogni, és megkülönböztet általában mozgási és helyzeti energiát.

1. *A mozgási energia* (másképp kinetikai, nyilvánvaló energia) mozgási állapotok energiája. Jelenkori fölfogások szerint mozgásnak s ennél fogva a mozgási energiának hordozója lehet nemcsak az érzékelhető anyag, hanem a hipotetikus éter is. Mértéké az elevenerő, a tömegnek és a sebesség négyzetének félszorzata ( $\frac{1}{2} m v^2$ ).

A mozgási energia egyes alakjai: 1. *A mechanikai energia*, mely abból származik, hogy a test mint egész mozog (röpülő kő, folyó víz), ide tartozik a tömegek rezgő mozgásából származó energia is. — 2. *A hőenergia*, mely a legkisebb anyagrészecskék, a molekuláknak rendetlen ide-odamozgásából származik. — 3. *Az éter sugárzó energiája*, mely az éter állapotában beálló zavarokból keletkezik. Ide tartozik a fény, a vörösön és violán túli sugarak, és a Hertz-féle elektromos sugarak energiája. — 4. Az éternek az az energiája, melyet *villamos áramnak* nevezünk.

2. *A helyzeti energiák* (másképp sztatikai vagy lappangó energiák) csoportja. A helyzeti energia csak rendszerekben vagyis két avagy több test konfigurációjában lehetséges, még pedig akkor, ha e testek kölcsönös helyzeténél fogva erők lépnek föl; ezen erők mivoltát jelenleg még mélységes homály fedi. Alakjai: 1. A Newton-féle gravitációs törvénynek hódoló *tömegek helyzeti energiája*; az ingának, órasúlynak energiája ide tartozik. — 2. *A homogén testrészecskék*



*energiája.* A homogén parányok (atomok és molekulák) között ugyanis oly erők látszanak működni, melyek e parányokat hol egymástól eltávolítani, hol egymáshoz közelíteni törekszenek. Ide tartozik az az energia, mely a rugalmasság ismert jelenségénél lép föl, továbbá az, mely a halmazállapot változásánál nyilatkozik meg föltűnően. — 3. *A kémiai energia*; ezzel rendelkeznek oly rendszerek, melyeknek parányai vegyi egyesülésre törekszenek. Ide tartozik a robbanó anyagok (puskapor) energiája is. (A kémiai energia, különösen az oxidáció = égés a hő és villamosság közvetítésével a technikai munkaszolgáltatás főforrása, s a jövő technikai fejlődés igényei érdekében a közel jövőnek egyik főfeladata annak módját találni, mikép nyerhető mechanikai munka a kémiai energiából közvetlenül, anélkül, hogy előbb hővé vagy villamossággá kellene változtatni.<sup>1)</sup> — 4. *Az elektrosztatikai energia*, milyennel pl. a leideni palack gyűjtője rendelkezik. A jelenlegi szaktudományos fölfogás szerint ez az éter deformációjából származik (az anyag deformációjából is származhatik helyzeti energia, pl. a rugalmassági energia). — 5. *A mágneses energia*, mely azonban valószínűleg azonos az elektromos áram energiájával.<sup>2)</sup>

Ezen osztályozásban érvényesül egy hipotetikus elem, nevezetesen az első osztálynál; az t. i., hogy a hő, sugárzás és elektromágneses áram mozgási állapot. Ezen elem nincs végleg igazolva. Ez azonban nem vet homályt az energetika első alapelvére. Mert bárminek is tekintjük pl. a hőt, elektromosságot, bizonyos az, hogy energiát képviselnek. S éppen ez a szempont teszi annyira értékké a kutató szaktudomány szemében az energetikai fölfogást: Ha egy természeti jelenségnek mivoltáról nem is sikerül helyes fogalmat, sőt még elfogadható föltevést sem alkotnia, mihelyt egyszer energiának mutatta ki, tudja róla, hogy összes alakulásai az energiatételeket uralják. A változások közepett a kezdő- és végponton az energiáknak mindig egyenlőknek kell len-

<sup>1</sup> L. Ostwald, Naturphil. 1905<sup>3</sup>. 235.

<sup>2</sup> A fölsoroltakra nézve l. Chwolson, Lehrb. d. Phys. I. 120—127.



niök, és ez számokban kifejezhető törvényekre vezet, ha nem tudjuk is, voltaképpen mi működik a jelenségek mélyén. Az energetika első alaptétele tehát megbízható, egyetemes és fölötte hasznos kalauz a természeti történések útvesztőiben.

Mindazáltal a szervetlen világ változásainak csak egy oldalát világítja meg. Megmondja, hogy *ha* történnek változások, azok energiaáttételek, következésképpen az egyenlő értékek elve szerint mennek végbe. De mikor, mily föltételek mellett történik valami, s mi történik, arról nem világosít föl. Sőt ötöle akár ne is történjék semmi. Neki csak arra van gondja, hogy az energia-álladék sértetlenül megmaradjon; raktáron hever-e, vagy forgalomban van-e, az neki mindegy. Ha tehát az energetika csak az első alaptétel világánál szemlélhetné a természetet, híjjával volna éppen a jelentősebb törvénynek, a történés törvényének. Ezt akarja nyújtani az energetika második alaptétele.

E tétel népszerű előadásánál azonban majd úgy vagyunk, mint ki barátja pillanatnyi pénzzavarán szeretne is, tudna is segíteni, de csak nagy értékpapír van nála, melyet hirtelen nem váltanak be. A második alaptétel mélyreható mennyiségtani okoskodások és elemzések eredménye, és annyira összenőtt e mennyiségtani alapokkal, hogy alig választható el tőlük némi másítás nélkül. Lehet, hogy egyrészt ezért nem tudott még közkeletűvé válni, és még nem talált helyet pl. a középiskolai természettudományi oktatásban. Hozzá még a szaktudomány derekas fáradozások után sem tudott eleddig találni oly fogalmazást, mely könnyű érthetőséggel kifejezné egész tartalmát. Sokszor a második energetikai alaptörvény neve alatt vannak forgalomban oly formulák, melyek csak egy elemét, vagy szempontját, gyakran nem is éppen a legjelentősebbet emelik ki.

Mindamellet nem lehet hallgatással mellőzni, hisz az energetika benne leli koronáját. Egész jelentőségéről és tartalmáról némi fogalmat nyerhetünk, ha meggondoljuk, hogy a szervetlen világban végbemenő változásoknak, az anyagi történésnek törvénye, és feleletet ad e kérdésekre: 1. Mikor történik valami; 2. mily irányban; 3. mi; s 4. mily



arányokban, mértékben történik. Lássuk sorra e kérdéseket.

4. §. **Mikor történik valami.** Mindenekelőtt azzal legyünk tisztában: a szervetlen világban valamely rendszerben mikor nem történik semmi? Azt mondja az exakt tudós: mikor a rendszer egyensúlyban van. Itt önkénytelenül mechanikai egyensúlyra gondolunk (pl. a kalmármérlegnek egyenlően terhelt két serpenyőjére). De a tudomány ezen elnevezést kiterjeszti az összes anyagi jelenségekre, és itt csak az a kérdés, mi az egyensúly föltétele. Könnyebb eligazodás végett a lehetséges eseteket két csoportba osztjuk.

Az első csoportnak típusaként vegyünk egy súlyt, mely spirális rúgón lóg. A súly a földre vonatkozólag bizonyos helyzeti energiával rendelkezik; ennek iparkodik is érvényt szerezni azzal, hogy húzza a rugó meneteit; ezáltal a rugó is helyzeti energiát nyer (rugalmassági energiát). A súly lefelé húz, a rugó meg fölfelé; az egyensúly nyilván akkor van meg, ha a rugó energiájának munkája egyenlő értékű a súly energiájának munkájával. Általában azt mondhatjuk ilyen esetekben, hogy akkor van a rendszer bizonyos energiák tekintetében egyensúlyban, ha az energiák két ellentétes törekvésű energiacsoportba oszlanak, melyek egyenlő értékű munkát végeznek; azt mondhatjuk, hogy ez esetben az energiák lekötik egymást.

A második csoport példajaként vegyünk két meleg testet, melyeknek egyenlő a hőfokuk. Ha egymás mellé illesztjük, nem árad át a hő az egyikről a másikra, egyensúlyban vannak. Itt nem lehet azt mondani, hogy a két test hőenergiái kölcsönösen lekötik egymást; az egyensúly föltételét itt az energiának egy jellemző tényezőjében kell keresnünk, mely mindkét testnél egyenlő; ez az intenzitás, a hő esetében a hőfok, a folyó víznél a szint, a villamosságnál a töltési potenciál stb. Az intenzitás minden energiafajnál más és más valóság, de minden adott esetben határozott értékkel bír.

Ezek után nagyjában megfelelhetünk az első kérdésre: Mikor történik valami? Az előbbi csoporthoz tartozó rendsze-



rekben, mondhatjuk, kényszer-egyensúlyban levő rendszereknél akkor történik valami, ha az egymást lekötő energiák egyike megnövekszik, vagy megfogyatkozik. Ez esetben ugyanis a lekötött energiának egy része fölszabadul és természetének megfelelő munkát végezhet. Pl. ha az említett rendszerben a súlyból elveszünk, a rúgó összehúzódik és emeli a súlyt. Ellenkezőleg, ha a súlyt megnöveljük.

A második csoportban pedig akkor állhat elő változás, ha az egyik intenzitás megnövekszik vagy csökken; ha pl. az érintkező meleg testek egyikének hőfokát csökkentjük, a másiktól árad rá hő. Azonban nem elég azt mondani, hogy energiaváltozás akkor történik, ha a szóban forgó energiáknál intenzitás-különbségek állnak fenn. Ha, mondjuk, az egyik meleg test hőfokát hevítéssel emeljük, de ugyanakkor a kettő közé tolunk egy választófalat, mely hőt nem bocsát át (a valóságban persze ilyent nem találunk), az intenzitás-különbség mellett sem történik hőáramlás, mert a közbeeső fal az intenzitás-különbséget ellensúlyozza, azt mondjuk, »kompenzálja«. Változások tehát csak akkor mennek végbe, ha oly intenzitás-különbségek állnak fenn, melyek nincsenek kompenzálva, vagyis ha a rendszer szabad energiával rendelkezik. S ez a fölfogásmód az előbbi csoportba tartozó rendszerekre is kiterjeszthető.

Itt persze kérdésbe tehető: Hogyan jönnek létre kompenzálatlan intenzitás-különbségek? Egyensúlyi állapotban levő rendszerekben nyilván kívülről; mert hiszen az energia megmaradásának értelmében egy rendszerben energia nem keletkezik, sem el nem nyészhet magától. Földünkre nézve a nap gondoskodik állandóan a kompenzálatlan intenzitás-különbségekről.

**5. §. Az anyagi történések iránya.** Minden energiafolyamat nem egyéb mint határozott haladás az egyensúlyi állapot felé. Mihelyt egy rendszerben energia szabadul föl, a rendszer arra törekszik, hogy azt ellensúlyozza, lekösse, kompenzálja, és megint az egyensúly állapotába, a változás tagadásába helyezkedjék; szinte azt mondhatnók, hogy a szervetlen világ is halálba vágyik.



Csak az a kérdés, mily értelemben megy végbe a kompenzálás.

A szabad intenzitás-külömbőség kompenzálható úgy, hogy ellenében föllép egy ellensúlyozó intenzitás-növekvés; pl. ha a két érintkező meleg test egyike lehűl, ugyanakkora fokra lehűteni a másikat is. Ez természetesen magától a rendszertől nem jöhet, hanem épúgy mint az intenzitás-külömbőség megteremtése, külső behatás eredménye. Ezért ha egy egyensúlyban levő rendszerben bármi okból szabad energia, azaz kompenzálatlan intenzitás-külömbőség lép föl, ez az energia természeténél fogva munkává fog átalakulni, mely ismét energiát halmaz föl; s e folyamat addig tart, míg van szabad energia, illetve míg az intenzitás-külömbőség megszűnik. Tehát a melegebb testről hő fog átáramlani a hidegebbre, míg a két testnek egyenlő lesz a hőfoka. Ezt a viselkedést úgy is lehet fogalmazni: Egy rendszer akkor képes munkát végezni, ha szabad energiával, illetve compenzálatlan intenzitás-külömbőségekkel rendelkezik, s ez esetben a folyamatok oly értelemben mennek végbe, hogy az energia magasabb intenzitás fokáról alacsonyabb intenzitásra száll le. Ezt először Carnot, fiatal francia tűzérhadnagy állapította meg (1826) a hőre vonatkozólag, midőn a gőzgép munkaszolgáltatásának föltételeit vizsgálta, s azután mások kiterjesztették az összes energiákra (Helm intenzitástörvénye 1889).

Rá kell azonban mutatni a külömbőségre, mely fönnforog a tisztán mechanikai és egyéb energiák között, midőn munkaszolgáltatás közben mennek át az egyensúlyi állapotba.

Vegyünk egy ideális ingát, mely t. i. surlódásnak és ellenállásnak nincs alávetve. Ha egyensúlyi helyzetéből kimozdítjuk, helyzeti energiát adunk neki a földre vonatkozólag, mely nincs ellensúlyozva. Megvan tehát az energia-változás föltétele. A változás a mondottak értelmében az egyensúlyi állapot felé történik; vagyis az inga megindul az egyensúlyi helyzet felé. Eközben a szabad helyzeti energia végezte munka mozgási energiává vált, s midőn elérte az egyensúlyi helyzetét, ez rá nézve már nem egyensúlyi álla-



pot, mert volt helyzeti energiájával egyenlő értékű szabad mozgási energiával rendelkezik, mely munkában keres kompenzálást, vagyis az ingát az ellenkező irányban kilódtítja, míg a végzett munka el nem fogyasztotta. De akkor már megint visszanyerte eredeti helyzeti energiáját, és a folyamat ugyanazon fázisokkal fordított irányban újra megindul. Az inga tehát mozgásokat, folyamatokat végez az egyensúlyi állapot körül, melyeknek mindegyike az előzővel egyenlő értékű és fázisú, de ellenkező irányú. Ezek az ú. n. megfordítható folyamatok. A tisztán mechanikai folyamatok mind ilyenek.<sup>1</sup>

Valósággal azonban nem lehet szerkeszteni ingát, melynek minden kilengése az előzővel pontosan egyenlő; hanem a kilengések folyton kisebbednek és végre megszűnnek. Mert eredeti energiája kénytelen munkájának egy részét a surlódás és ellenállás leküzdésére fordítani. E munkája jobbára hővé alakul át, következésképpen a kilengések számára fennmaradó energia folyton csökken.

Ez a megfontolás megint kiterjeszthető az összes folyamatokra: Minden mechanikai folyamatnál a mechanikai energiának egy része hőbe megy át; a hő pedig az intenzitás-különbségek kiegyenlítésére törekszik, magasabb fokú testekről alacsonyabb fokuakra árad át. Vegyük hozzá, hogy nem lehet a hőintenzitás-különbségeket mint olyanokat teljesen kompenzálni, vagyis nem lehet magasabb hőfokú testeket a hidegebb környezettől úgy elzárni, hogy semmi se áradjon át rá. Már most a földön végbemenő összes mechanikai változásoknál, sőt egyéb energiaváltozásoknál az energiák egy része mindig hőbe megy át, a hő pedig a hidegebb levegőbe és éterbe oszlik, s így földünkön csakhamar be kellene állnia a teljes intenzitás-egyenlőségnek, ha a nap heve nem gondoskodnék állandóan új szabad energiákról.

Ezzel általában meg van jelölve az anyagi történések iránya. Az energiák iparkodnak hőenergiává válni, a hő

<sup>1</sup> Chwolson, Lehrb. d. Phys. III. 446, 447.



pedig egyenletes eloszlásra törekszik.<sup>1</sup> S ezzel kezd kibontakozni a második alaptétel igazi tartalma. Kimondja, hogy a szervetlen világ alakulásai határozott irányt követnek; az energia elszéledése, mondjuk eltékozlása ez.

Egyetemesebb s még határozottabb alakot ölt ezen elv Clausius posztulátumában (1850), melyet Carnot munkálatának revíziójánál állított föl.

Ennek értelmében a szervetlen világ folyamatai két csoportba oszthatók: Az első osztályba tartozók nevezhetők természeteseknek, pozitíveknek; ilyenek a hő átáramlása melegebb testről hidegebbre, mechanikai munka átalakulása hővé, gázok összeömlése. A második osztályba tartozók természetellenesek, negatívek; ilyenek a hő átáramlása hidegebb testről melegebbre, a hő átalakítása mechanikai munkává; gázkeverékek szétválasztása.

A posztulátum azt mondja: Nem lehet előállítani folyamatok oly kombinációját, hogy a kizárólagos eredmény negatív folyamat legyen. Nem mintha a negatív folyamatok nem volnának megvalósíthatók; de valahányszor negatív folyamatot akarunk létesíteni, mindannyiszor legalább egy egyenlő értékű pozitív (ú. n. kompenzáló) folyamatnak is kell végbemenni. Hőből nyerhető mechanikai munka — negatív folyamat —; de csak azon áron, hogy ugyanakkor megfelelő hőmennyiséget magasabb hőfokról alacsonyabbra szállítunk le — kompenzáló pozitív folyamat. Pozitív folyamatoknak ellenben nincs szükségük kompenzáló folyamatokra. Ha a pozitív folyamatokat előrehaladóknak, a negatíveket hátramenőeknek mondjuk, Clausius posztulátumának gondolatát úgy fejezhetjük ki: A természet nem tehet egy lépést sem hátra anélkül, hogy ugyanakkor ugyanakkorát előre is ne tegyen; mivel a természetes folyamatok maguktól történhetnek, általában többet lép előre mint visszafelé, és ezért határozott irányban halad előre — az egész vonalon a legalacsonyabb intenzitások felé.

<sup>1</sup> Thomson: dissipation of energy. 1852.



Ugyanezt mondja Thomson posztulátuma, mely szerint a másodrendű perpetuum mobile lehetetlen.<sup>1</sup>

6. §. **A »kiváltságos« eset.** Az intenzitástörvény, illetve Thomson és Clausius posztulátuma megjelöli az irányt, melyben történik egyes rendszerben és nagy általánosságban az energiaváltozás. Lehet-e még tovább menni? Adott körülmények között többfajta változás lehetséges, melyek mind megfelelnek az említett posztulátumoknak. A lehetséges esetek közül valósággal csak egy fog bekövetkezni: ezt kívánja az egyediség nagy törvénye, mely uralkodik a létezők világán. De melyik az a kitüntetett eset, mely kiváltságánál fogva a lehetőségek szűrkeségéből a valóság határozott, egyéni létébe emelkedik? Fölötte érdekes, de fölöttébb nehéz kérdés, hisz arról van szó, hogy általános, határozatlan előzményekből biztosan kiemeljük az egyedi következményt; a savoir pour prévoir követelménye itt igényeinek tetőpontjára jutott, és az értelem a természetismeretnek talán már határánál áll. Mindazáltal történtek e téren maradandó munkálatok.

Itt van mindenekelőtt *Le Chatelier-Braun elve* (kimondotta le Chatelier 1884., kifejtette és bebizonyította Braun 1887.). Ezen elv kimondja, hogy minden külső behatás egy testben vagy rendszerben azt a változást létesíti, melynek következtében megnövekszik a testnek vagy rendszernek ellenálló képessége ama külső behatással szemben. T. i. minden testnek vagy rendszernek állapotára nézve jellemző néhány oly tulajdonság, melyeknek megváltoztatása a test fizikai állapotának megváltozását jelenti; ilyenek a hőfok, térfogat, nyomás stb.; ezeket paramétereknek szokás nevezni. Le Chatelier elve már most azt mondja: Ha megváltozik a rendszernek egyik paramétere  $x$  (külső behatás következtében), akkor egy másik  $y$  paraméter úgy fog változni, hogy ezáltal az  $x$  változása lehetőleg kisebbdjék és ellensúlyoztassék. Szinte azt mondhatnók, a megtámadott  $x$ -nek

<sup>1</sup> Chwolson, Lehrb. d. Phys. III. 498. Ostwald, Naturphil. 258. kk. 1. alább 96., 97. lap.



segítségére siet az  $y$ . Így pl. a testre gyakorolt nyomás a test térfogatát kisebbiteni törekszik. A megtámadott térfogatnak tehát a testben segítségére fog sietni az a tényező, mely a térfogatot növeli; ha az illető testnél a térfogatnövelés hőfok emelkedéssel érhető el, akkor a nyomás alatt hőfoka emelkedik. Ha azonban a hőfokemelkedésnél a térfogat kisebbedik, akkor nyomás alatt hűl; amint tényleg tapasztalható a víz-nél  $4^0$  alatt.

Ezen elv már eddig is számos fizikai s különösen kémiai folyamatba világít be. Kezelésénél csak az a nehéz, hogy tudni kell mindig az  $x$  és  $y$  paraméter kölcsönös viselkedését; csak azután mondhatjuk meg, egy adott esetben miképen megy végbe a folyamat. Mindamellett ezen elv egyetemességénél, könnyűségénél és mély tartalmánál fogva alkalmas arra, hogy pl. a középiskolai tanítás keretében pótolja a második alaptétel teljes előadását.

Boltzmann az atomelmélet alapján statisztikai módszerrel, valószínűségi számítással kimutatta, hogy a lehetséges folyamatok közül mindig az következik be, amely legvalószínűbb, és úgy találja, hogy a pozitív folyamatok statisztikailag is valószínűbbek mint a negatívek, s közülük is legvalószínűbbek a hőbe való változások.<sup>1</sup>

Megemlítjük még, hogy Maupertuis s d'Alembert alapján Ostwald, Zeuner, W. Thomson fölláلتottak egy elvet, mely így fogalmazható: A lehetséges folyamatok közül az következik be, mely a legnagyobb energiaátalakulással jár. Kérdés azonban, alkalmazható-e ez egyetemleg az összes energiaváltozásokra. Egyelőre csak mechanikai alapozásáról volt szó.<sup>2</sup>

**7. §. Entropia és entropia-törvény.** Még egy kérdés vár feleletre: Van-e törvény, mely számokban kifejezi a bekövetkező energiaváltozás mértékét. Ilyen törvény nyilván felölelné az előzőket mind, sőt még mélyebbre hatolna.

<sup>1</sup> Chwolson, Lehrb. III. 453, 499.

<sup>2</sup> Helm, Die Energetik 245. kk. v. ö. Ostwald, Grundlagen d. anorg. Chemie<sup>2</sup>. 1904. 218. kk.



Hisz megjelölné a bekövetkező folyamat határát; ezt meg nem tehetné, ha nem tudná megjelölni magának a folyamatnak irányát és jellegét. A második alaptételnek ezt a leg-egyetemesebb és legmélyebben járó fogalmazását Clausiusnak köszönjük. Minthogy azonban a mennyiségtani gondolkodás legfinomabb eszközeivel dolgozik, e helyt be kell érünk az alapgondolat általános körvonalozásával.

A gőzgépről tudjuk, hogy a kazán hőjének csak egy része használható munkára, másik része mint fáradt gőz a hűtőbe kerül; ez tehát kötött energiát képvisel, míg a munkára használható energia szabad energia. Ha a kazán hőenergiájának értékét egységnek vesszük, akkor a szabad energia, a gép munkaszolgáltatása valódi tört, melyet a kötött hő értéke kiegészít az egységre. A technikának természetesen az a törekvése, hogy a munkaszolgáltatást lehetőleg közel hozza az egységhez, és az ideális eset az volna, ha az összes kazánbeli hőenergia munkává volna változtatható. Ez azonban két okból lehetetlen. Először is, mert a főfolyamat, a hőnek mechanikai munkává való változtatása, mint láttuk, negatív folyamat, mely nem vihető keresztül kompenzáló pozitív folyamat nélkül (a kompenzáló folyamat ez esetben hő leszállítása hidegebb hőfokra). De még ha ettől elvonatkoznánk is (ez az ú. n. megfordítható folyamatok esete volna, mely a valóságban nem lehetséges), maradna egy másik akadály: a hő munkaszolgáltatásának mértéke mindig intenzitás-különbségeken fordul, a kazán és hűtő hőjének hőfok-különbségén. Ha bevezetjük az abszolút hő fogalmát, e jellemző viszony egyszerű alakban fejezhető ki: a kazán hőmennyiségének és abszolút hőfokának hányadosa egyenlő a hűtő hőmennyiségének és abszolút hőfokának hányadosával.

Ez a különös viszony azután különféle mennyiségtani elemzések és levezetések tárgya, melyek itt nem részletezhetők; nevezetesen a megfordítható folyamatoknál az említett hányadosnak  $\left[\frac{dQ}{T}\right]$  határozott értéke van, és entropia nevet visel. Kellő óvásokkal <sup>1</sup> alkalmazható mindazon folyama-

<sup>1</sup> Winkelmann, Handb. d. Phys. I. 89.



tokra, hol hőalakulások mennek végbe, és mindenütt mértéke közvetlenül a kötött energiának s közvetve természetesen a szabad energiának is, és így megmutatja, mely irányban és meddig mehet az energiaátalakulás.

Az entropia egészen másképp viselkedik, mint az energia; viselkedését kimondja e törvény: Az entropia meghatározott mennyiség, mely a folyamat végén vagy megmarad, vagy növekszik, de soha nem kisebbedik. Ez a második alaptételnek legáltalánosabb fogalmazása. Hogy azonban egész tartalma s jelentősége kifejezésre jusson, segédtéltre szorul: a megfordítható körfolyamatokban az entropia  $\left[ \frac{dQ}{T} \right] = \text{const.}$  (teljes differenciál); meg nem fordítható körfolyamatokban vagy állandó vagy nagyobbodó; hogy melyik a kettő közül, ezt jelenti ki a segédétel, mely pl. Clausius posztulátumában is ki van fejezve: A tényleges természeti folyamatokban energetikailag zárt rendszerben az entropia csak növekedhetik. Ha egy rendszer összes hőenergiáját két összeadandóra bontjuk, az egyik a szabad, a másik a kötött energia lesz. Ez utóbbi osztva az abszolút hőfokkal lesz az entropia; az előbbi osztva az abszolút hőfokkal nevezhető ektropiának; s akkor egyetemleg azt is mondhatjuk, hogy energetikailag zárt rendszerben az entropia folyton növekszik, az ektropia arányosan csökken. Egy-egy rendszernek entropiája csökkenthető, — de csak külső rendszerek entropia-növekvésének rovására, végelemzésben a világegyetemben, ha homogén zárt rendszer, az entropia folyton növekszik.

## II. FEJEZET.

### Az energetikai alaptételek értéke szaktudományos megvilágításban.

Mit érnek már most az energetikai tételek? Igazságok-e, azaz a tárgyi természet értelmi egyenértékei-e? Vagy talán csak jelképek, fölvetett elvek, melyek alkalmasak ugyan a természeti jelenségek rendszeres áttekintésére, s azért hasznos



iránymutatói a kutatónak, de nem magának a természetnek? — Az energetikát az exakt természettudomány teremtette meg, elsősorban ő illetékes szólni értelméről és értékéről. Miként értelmezi a szaktudomány az alapelveket, láttuk az előző fejezetben. Most arról van szó, mi módon és mértékben állítja igaz voltukat.

#### 8. §. Induktív igazolás; energetika és thermodynamika.

Az exakt természettudományok az energetikai tételeket tapasztalati tételeknek tekintik. Fogalmazásuk, alkalmazásuk és igazolásuk mindenek előtt tapasztalati, induktív jellegű: Eddig a kísérlet és mérésekkel dolgozó megfigyelés minden szervetlen jelenségről kimutatta, hogy e két elv értelmében megy végbe; és nem akadt oly tény, mely ellentmond.

Az energiák állandóságának, megmaradásának elvét számos kísérlet igazolja. E kísérletek mivolta s igazoló jellege általában abban áll, hogy ha fizikai vagy kémiai rendszerrel munkát végeztetünk, e munka mindig egyenes és egyszerű arányban áll az elhasznált energiával és viszont; értéke pedig a rendszer anyagától független. Effajta kísérleteket a tudomány eddig a fiziko-kémiai jelenségek egész területén végzett — csupán a sugárzó energia területét nem mérte még föl tüzetesen — s mindenütt igazolva látta az első alaptételt. Általánosan ismertek azon alapvető kísérletek, melyekkel Joule 1850-ben először állapította meg a hő mechanikai egyenértékét; ezek szolgáltatták a R. Mayertől kimondott elvnek első kézzelfogható igazolását. Azóta számos leleményes módot találtak ki Joule eredményeinek ellenőrzésére;<sup>1</sup> s ma az energia megmaradásának tétele a fizika és fizikai kémia legegységesebb részének, a thermodynamikának semmiféle szaktudóستól kétségbe nem vont sarktétele.

Még kézzelfoghatóbb induktív bizonyyságot szolgáltat a kísérleteknek az a sorozata, mely az elsőrendű perpetuum

<sup>1</sup> Chwolson, Lehrb. d. Phys. III. 415—434. tíz ilyen módszert ismertet.



mobile szerkesztésének lehetetlenségét mutatja ki.<sup>1</sup> Itt az energiák egyenértékének elve úgy jelenik meg, mint évszázados hiú törekvéseknek elvi leszűrődése. »Sokat fáradoztak annak idején egy perpetuum mobile-nek, t. i. oly gépnek szerkesztésén, mely magától állandóan képes kifelé munkát szolgáltatni; e fáradozások sikertelensége végre is arra a meggyőződésre vezetett, hogy ez lehetetlen és a kísérlet alapgondolata ellenkezésben áll egy természettörvénnyel.«<sup>2</sup> E törvény az energiák megmaradásának törvénye.

Az utóbbi időkben azonban egy érdekes jelenség veszelelemmel fenyegette az első alaptételnek már biztosítottnak látszó uralmát. A *rádium* t. i. sugárzás közben óriási hőt fejleszt, úgy hogy a sugárzó test állandóan néhány fokkal melegebb a környezeténél; tehát íme hő fejlődik — semmiből; úgy látták ugyanis, hogy a rádium maga nem változik. De erre hivatkozni csak »lehetett«. Ramsay kimutatta, hogy sugárzás közben a rádiumnak egy része héliummá változik át; tehát mivoltában homályos, de egészben az első alaptétel értelmében végbemenő alakulásról, t. i. hőfejlődéssel járó vegyi bomlásról van itt szó.<sup>3</sup>

Más esetről a szaktudomány nem tud. Sőt ezt sem tekintette kezdettől fogva sem az első alaptételt döngető jelenségnek; kézikönyveiben meg sem említette. Tekintve a homályt, mely eleddig a radioaktivitás jelenségein borong, nem is más a reá való hivatkozás, mint *asylum ignorantiae*.

Az első alaptétel tartalmáról szóló fejtegetések után talán nem kell külön részletezni, hogy egyes jelenségekben, minők az ingának több kilengés után történő megállása, a fölhajított kőnek leesése, egy kődarabnak szétzúzása stb., csak az energiafogalomnak teljes félreértője vagy felületes elemzés láthat energiacsökkenést.

<sup>1</sup> Így már *Helmholtz* híres értekezésében »Von d. Erhalt. d. Kraft. 1847. I. *Helm*, D. Energ. 35.

<sup>2</sup> *Nernst*, Theoretische Chemie<sup>5</sup>. 1907. 7.

<sup>3</sup> *E. Rutherford*, Radioaktive Umwandlungen. Übers. v. M. Levin 1907. 266. *Ostwald*, Naturphil. 471.



Egyébként az első alaptétel az exakt természettudományban már évtizedek, sőt csaknem egy félszázad óta (szak tudós részéről utóljára 1860-ban, azután 1870-ben történt ellene kifogás) zavartalan uralomnak örvend; nincs már a fizikának és kémiának az a területe, melynek jelenségei ne uralnák normatív elv gyanánt. Kézikönyvek éppen ezért már nem is tartják szükségesnek külön bizonyítását,<sup>1</sup> és aki meg akarná dönteni, a szervesetlen világról szóló exakt tudományoknak összes kísérleteit és munkálatait volna kénytelen revideálni és téveseknek bizonyítani.

Nem így egyszerű a dolog a második alaptételre vonatkozólag. Már az előző fejezet előadása sejteti ezt. Aki megszokta az exakt természettudományt a szabatos meghatározások és gondolatfűzések mesterének tekinteni, némi csalódással vesz tudomást a különféle területeken mozgó hosszas fejtegetésekről és magyarázatokról, melyek állítólag ugyanazt az alapgondolatot fejezik ki. Ennek oka a második alaptételnek egészen különleges helyzete és jellege a többi exakt tételekkel szemben. Ezzel tisztában kell lennünk, ha helyesen akarjuk megítélni nemcsak értelmét és jelentőségét, hanem bizonyítása módját és értékét is.

T. i. a szervesetlen világ egyéb jelenségeinek exakt magyarázásánál maga az alaptétel világosan meg van fogalmazva; belőle folynak altételek és részleges törvények — centrifugális irányban. Itt fordított az eljárás. Csak az bizonyos, hogy egy óriási jelenségesoportnak, sőt valószínűleg valamennyi fiziko-kémiai jelenségnek középpontjában uralkodik egy törvény, talán a legegyetemesebb, legmélyebb, legtartalmasabb, melyet a természettől emberi elme valaha elleshet. Számos külön tétel ismeretes, melyek újjal mutatnak rá e középponti nagy törvényre. A külön részletekről az elme halad befelé, általánosabb és egyre általánosabb tételekre, de még mindig hozzáférhetetlenül homályba van burkolva a középponti törvény, a tüzes mag, melynek csak villanatai az egyes részleges tételek. »Szigoruan véve a dolgot,

<sup>1</sup> L. pl. *Planck*, Thermodynamik<sup>2</sup>, 1904. 37.



a tudomány a második alaptételt még mindig keresi, és kérdések kérdése, megtalálja-e valaha. <sup>1</sup> Amiket az előző fejezetben előadtunk, azok az, eddig megtalált legáltalánosabb fogalmazások, melyek mind a titkos középponti napot rajozzák körül. Lehet, hogy egy közülök már rátalált — nem tudjuk.

Hogy tisztábban lássunk, a második alaptételt két elemre választjuk szét; a szétválasztás nem önkényes, hanem tudományos tényt állapít meg.

A második alaptétel egyik eleme a hő viselkedését fejezi ki és így fogalmazható: Energetikailag zárt rendszerben a thermikus folyamatnak végén a rendszer entropiája nagyobb mint a kezdő állapotban volt. Ilyen alakban a thermodynamikának, vagyis a két alaptétel világánál tárgyaló hőtannak második alaptétele, másképp entropia-törvény.

Ez a tétel exakt módon igazolva van. Az igazolás gondolatmenete lehet a következő: <sup>2</sup> Tapasztalás bizonyítja, hogy nem fordítható meg olyan folyamat, midőn: 1. surlódás következtében keletkezik hő; 2. midőn egy gáz minden külső munkaszolgáltatás és hőfelvétel nélkül állandó összenergia mellett kiterjeszkedik; 3. midőn hővezetésről van szó, (bizonyos hőmennyiség átáramlása melegebb testről hidegebbre). I. m. 78—79.

Hogy vannak-e a természetben, megvalósíthatók-e egyáltalán megfordítható folyamatok, eleve nem lehet eldönteni; de az bizonyos, hogy ha az említett három folyamat bármelyike megfordíthatónak bizonyulna, a többi is mind az volna (ennek bizonyítása u. o. 86. kk.), és lehetővé válnék oly gépnek szerkesztése, mely szünet nélkül nem tesz egyebet, mint terhet emel és egy hőforrást hűt le. Mivel pedig a teheremelés bármely technikai energia létesítésére használható, és a természet oly hőforrásokat nyújt pl. az óceánokban, levegőben, melyeknek hőtartalma gyakorlatilag kiemeríthetetlen, lehetővé válnék egy gép, mely az emberiségre

<sup>1</sup> Chwolson, Lehrb. d. Phys. III. 483.

<sup>2</sup> Plank, Thermodynamik<sup>2</sup>. 84. kk.



nézve a perpetuum mobilevel egyenlő értékű lenne. Mihelyt tehát az exakt tudomány úgy találná, hogy az említett folyamatok valamelyike megfordítható, nyomról nyomra haladva, megvalósíthatná ezen ú. n. *másodrendű perpetuum mobile*-t. Ilyen kilátásai azonban nincsenek; következésképp lehetetlen a másodrendű perpetuum mobile. Ám e tétel nem egyéb mint Thomson posztulátuma, mely tartalmilag nem különbözik Clausius posztulátumától.<sup>1</sup> S ebből az entropiatétel megnyiságtani úton lehozható (u. o. 105. kk.).

Tehát a második tétel exakt módszerrel igazolva van. De kiállotta már a kritika tüzeit is. Alig mondotta ki Clausius, minden oldalról előjöttek a megszokott köreikben megzavart tudósok, s Reech, Hirn, Tolver Preston, Rankine, Bartoli, Wand, Eddy, Holtzmann, ki mennyiségtani nehézségeket, ki elméleti folyamatokat eszelt ki ellene.<sup>2</sup> Maga Clausius e nehézségeket jobbára eloszlatta, és ha még ma sem szűntek meg a tudományos viták, azok nem a tétel bizonyosságára, hanem különösen az entropiának voltaképpeni értelmére és mivoltára vonatkoznak, s abban lelik magyarázatukat, hogy a legmélyebb és legegységesebb természet-tudományos törvényről van szó, mely éppen ezért exakt módon fölötte nehezen volt fogalmazható.

Nem mellőzhető hallgatással az a tény, hogy a második alaptétel a legtermékenyebb konstruáló elvnek bizonyult. Következtetések folynak belőle, melyek bevilágítanak a mechanikai, kémiai s thermikus jelenségeknek számos, addig homályos kérdésébe; az elektromágneses jelenségekre eddig kevésbé alkalmazták; annak azonban csak az az oka, hogy a legtöbb eddig tárgyalt jelenség túlnyomóan az első energetikai alaptétel keretei közt mozog.<sup>3</sup> Kirchhoff, Helmholtz, Gibbs a kémiát a második alaptétel segítségével úgyszólván átfarmálták; a fizikai kémia rajta épül, s minden kijelentése a kísérlet alapján, minden tapasztalat igazolta leveze-

<sup>1</sup> V. ö. *Chwolson*, Lehrb. d. Phys. III. 498.

<sup>2</sup> *Helm*, Die Energetik 108. kk.

<sup>3</sup> U. o. 206.



tése — ezek száma napról-napra nő — a második alaptétel bizonyítéka.

Ezzel szemben Poincaré<sup>1</sup> rámutat egy biológiai mikroszkopikus jelenségre, az ú. n. Brown-féle mozgásra, hol »úgy látszik«, kis protoplazma részecskék mozgásának oka a surlódásuk következtében fejlődő hő, a második alaptétellel ellenkező folyamat. Egy másik fizikus<sup>2</sup> kijelenti, hogy az entropia nem növekszik, hanem állandó.

Az újabb természettudományos irodalomban e két kifogást találtam a thermodynamika második tétele ellen. Ám az első egy eléggé meg nem vizsgált jelenség s maga Poincaré sem tulajdonít neki jelentőséget.<sup>3</sup> A második pedig az anyag dinamikai szerkezetéről s a radioaktivitásról szerkesztett légies elméletére alapítja kijelentéseit, melyek a szaktudomány előtt még akkor sem állnának helyt, ha be nem bizonyított és exakt módon egyelőre be sem bizonyítható anyagelmélete igaz volna.<sup>4</sup> Egyébként megjegyzendő, ezen kijelentések népszerű munkákból vannak véve. Szakkönyvekben hiába keressük.

Az energetika második tételének az az eleme tehát, mely a thermodynamika második tételének neve alatt külön kiemelhető, kétségen felül áll a szaktudomány előtt, még pedig abban az exakt formában, melyet Clausius az entropiatétel alakjában adott neki. S ne felejtsük: így is, mint entropiatétel egyetemes, az összes szervetlen jelenségeket felölelő törvényt mond ki; mert hiszen az előttünk ismeretes szervetlen világban nincs jelenség, mely thermikus folyamatokkal ne volna kapcsolatos.<sup>5</sup>

Az energetika második alaptételének fönmaradt eleme már most a hőfolyamatok és hőenergia kizárásával a többi energiaváltozásokra vonatkozik. E helyt csak röviden jelez-

<sup>1</sup> Poincaré, La valeur de la science. 10. ezer, 184.

<sup>2</sup> Heen, La matière, sa naissance, sa vie, sa fin. 1905. 93. és t. h.

<sup>3</sup> Bővebben Kezdet és vég a világfolyamatban c. értekezésemben. 1907. 56—57.

<sup>4</sup> Bővebben u. o. 119. kk.

<sup>5</sup> L. Mach, Die Mechanik<sup>5</sup> 540.



hetjük azt a gondolatmenetet, melyből szaktudományos értéke kitűnik.

A hőenergia viselkedésétől elvonatkozva a második alaptétel mindenekelőtt kimondja, hogy az energiaalakulások határozott irányt követnek (Le Chatelier-Braun elve) és pedig az intenzitástörvény értelmében; ha számba vesszük az összes szereplő energiákat, a rendszer szabad energiája, vagyis az átalakulásokra használható energiája fogy (Pfaundler : die Materie strebt nach Entwertung, die Energie nach Entartung). Eddig a törvény a tapasztalat határai között mozog, nem egyéb mint kísérletek és megfigyelések tételes kifejezése, és ép úgy igazolható, mint az entropiatétel.

De midőn tovább megy, és az entropiatételnek nemcsak biztosságára, hanem exaktságára is törekszik, midőn minden energiát két tényezőre bont, s ezek egyikét, nevezze bár extenzitásnak, vagy kapacitásnak, vagy kvantitásnak, úgy akarja kezelni mint az entropiát, oly általánosítást végez, melynek jogosultsága minden adott esetben külön igazolásra szorul.<sup>1</sup> Az a nagy küzdelem, mely az energia-tényezők körül mindmáig folyik,<sup>2</sup> korántsem érinti az alapgondolatot, mely abban a kijelentésben nyer kifejezést : A szervetlen világ folyamatai határozott irányt, tendenciát mutatnak egy egyensúlyi állapot felé. E gondolat, ismételten hangsúlyozzuk, exakt módon igazolva van, tehát természeti tényt fejez ki; akár a thermodynamika második tételének, az entropiatörvénynek szigorú fogalmazásában, akár az energetika második alaptételének még tapogatódzó alakjaiban tekintjük.

Megállapított tényeket voltaképpen nem lehet a formális logika fegyvereivel kikezdeni; contra factum non valet argumentum. Haeckel egy helyt azt mondja : »A második alaptétel ellentmond az elsőnek, tehát téves.«<sup>3</sup> A kijelentés tet-

<sup>1</sup> *Winkelmann*, Handb. d. Phys. I. 89.

<sup>2</sup> *Helm*, Die Energetik 292. kk.

<sup>3</sup> *Haeckel*, Welträtsel népies kiadás 100.



szetős ; hisz az első tétel az energiának, a munkaforrásnak állandóságát mondja ki, a második a munkának csökkenését állapítja meg. A gyanútlan laikus tényleg könnyen lépze megy. Pedig az első az energiának állandóságáról, a második az ektropiának csökkenéséről (az entropia növekedéséről) beszél. Tehát a két tétel között még formális ellenmondás sincs. A szaktudomány megvilágításában pedig tény erejével kér elismerést mindkettő. De ez Haeckelt nem ejti zavarba. A második tétel egy alább érintendő következménye miatt nem illik bele az ő monizmusába, tehát tévesnek kell lennie ; az igazságnak meg kell hátrálnia a monizmus apologiájának érdekében. Némileg hasonló eljárás volna, ha valaki azt mondaná : az első tétel ellenkezik a másodikkal, az energia megmaradásának elve nem fér össze oly jelenségekkel, melyekben a munkává visszaalakítható energia fogy (inga megállása, kő szétzúzása, rugalmatlan golyók ütközése).

Az ilyen okoskodásokat nem menti semmiféle apologiai célzat. Mert minden tudományos törekvésnek egyetlen jogosult indító oka az igazság kiderítése ; s a hivatása magaslátán álló apologia is az igazság köveiből akar hidat építeni a kölcsönös félreértések örvényei fölött, nem pedig annak bástyáiból erőszakkal kitördelt törmelékekkel torlaszokat emelni, melyek a közeledést végleg lehetetlenné teszik.

**9. §. A deduktív bizonyítás kísérletei ; energetika és mechanika.** Lehet-e az energetikai tételeket általánosabb, vagy maguktól nyilvánvaló elvekből levezetni ? Ha igen, bizonyosságuk még szilárdabb alapokra helyezhetőnek látszik. Kísérletekben itt sem volt hiány.

Már Helmholtz az energetika fejlődésére nézve alapvető fiataalkori értekezésében az első alaptételt kettős alapra helyezte. A perpetuum mobile lehetetlenségére és a Newton elvének hódoló középponti erők tételére.<sup>1</sup> A deduktív bizonyításnak minden következő kísérlete ezekre megy vissza ; csak hogy a szünetnélküli kritikai munkálatok föltárták a noetikai különbséget, mely a kettő között fönnforog. A per-

<sup>1</sup> *Helm, Die Energetik. 41.*



petuum mobile lehetetlenségéből ma is szokás bizonyítani.<sup>1</sup> De ez alkalmazóik szemében sem akar egyéb lenni, mint az induktív bizonyításnak lebonyolítására és kifejezésére alkalmas forma;<sup>2</sup> voltaképpen pedig nem egyéb, mint magának az első tételnek egy fogalmazása, sőt úgy is tüntethető föl mint folyománya.<sup>3</sup>

Ugyanezt kell mondanunk Plank azon eljárásáról, mellyel a második tételt a másodrendű perpetuum mobile lehetetlenségéből bizonyítja.

Marad tehát a második kísérlet. Az abban fárads, hogy az energetikai tételeket a mechanika alapelveiből vezesse le. A kísértés erre nagy volt. Hisz a mechanikai változásokra nézve ott volt már az eleven erő elve, mely szerint egy mechanikai rendszerben az elevenerő növekvése ( $\sum \frac{1}{2} m [v_1^2 - v_0^2]$ ) valamely állapotváltozásnál egyenlő a munka (erőfüggvény) növekedésével ( $\sum [U_1 - U_2]$ ). Ezen elv némi értelmezése után adja a mechanikai energia állandóságát, s mivel egyéb természeti jelenségek is képesek mechanikai munkát szolgáltatni, szinte felkínálkozik a gondolat, hogy minden energetikai állapot a régóta ismert és szabatosan megfogalmazott mechanikai tételekből levezethető.<sup>4</sup> Ily módon azonban az energiák állandóságát csak úgy lehetne egyetemesen igazolni, ha sikerülne kimutatni, hogy a természetben működő összes energiák a Newton-féle kölcsönhatás elvének engedelmeskedő középponti erők.<sup>5</sup>

A második tételre vonatkozólag először Boltzmann, Clausius és Szily Kálmán tettek kísérletet, melyek persze a dolog nehézsége miatt kielégítő eredményre nem vezettek.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> L. pl. *Plank*, Thermodynamik 37.

<sup>2</sup> L. *Wundt*, Logik II.<sup>3</sup> (Log. d. exakten Wissenschaften) 1907. 1907. 432.

<sup>3</sup> U. o. v. ö. *Chwolson*, Lehrb. d. Phys. I. 119. ; III. 411.

<sup>4</sup> *Mach*, Die Mechanik etc. 544.

<sup>5</sup> L. *Chwolson*, Lehrb. d. Phys. I. 129. ; *Helm*, Die Energ. 235. ; *Ostwald*, Naturphil. 170. kk.

<sup>6</sup> *Chwolson*, Lehrb. d. Phys. III. 528. kk. ; *Helm*, Die Energ. 338. kk.



E kísérletek láttára azonban szinte önkénytelenül fölmerül a kérdés : Lehet-e bizonyításnak nevezni azt az eljárást, mely föltevéseket állít gondolatmenetének élére, s azután kimutatja, hogy a föltevésekből az energetika törvényei következnek ? Így nyilván nem lehet a kéteseknek föltett energetikai tételeket bizonyosokká avatni, hisz a föltevések maguk bizonytalanok ; nem áll, hogy minden erő középonti erő, s nem bizonyos, hogy atomok vannak. Azután ha ki is lehetne mutatni, hogy bizonyos föltevések mellett a mechanikai törvényekből levezethetők az energetikai tételek, melyeket a tapasztalat igazol, nem következnek, hogy e mechanikai föltevések igazak. A következmény helyessége még nem bizonyítja az előzmény helyességét.

Igazuk van tehát azoknak a természettudósoknak, kik az energetikának önállóságát hangoztatják a mechanikai fölfogással szemben. Mert elvégre is az energetikai tételek egész terjedelmükben exakt módon igazolva vannak, a mechanikai törvények pedig csak a tapasztalatilag is mechanikaiaknak bizonyuló folyamatokra alkalmazhatók. Egyetemessékké tételüknek útját állja már az a száraz tény, hogy »merőben mechanikai folyamatok nem léteznek«.<sup>1</sup> Azonfölül igen könnyen végzetes tévutakra kerül az exakt tudomány, ha azt gondolja, hogy nincs üdv számára másban, mint abban a föltevésben, hogy az összes jelenségek parányok mozgásaiból leszármaztathatók. Efféle föltevések ideig-óráig jó szolgálatot tehetnek a kutatásnak, de a fizika tanulságai szerint sokszor kerékkötői a tények megfelelőbb értelmezéseinek. Az energetikai fölfogás jogot követel a mechanikai mellett. Jelenleg még harcok folynak az elsőbségért.<sup>2</sup> Nem is kell elébe vágni a fejleményeknek, csak az irányzatok eddigi történetét és a dolog természetét kell nézni, és igazat lehet adni azoknak, kik mindkét fölfogásnak jogosultságát elismerve hangsúlyozzák, hogy egyik nem zárja ki a másikat és a mechanikai irány támogathatja, gyarapíthatja, mélyítheti az energetikait.

<sup>1</sup> Mach, Die Mechanik 540.

<sup>2</sup> Winkelman, Handb. d. Phys. I. 85. ; Helm, Die Energ. 353.



Egy nagy kiválósága van azonban az energetikának a mechanikai magyarázat fölött: Valóra váltja az összes természeti jelenségekre nézve Newton büszke szavát: Hypotheses non fingo. Midőn a mivoltukban még ismeretlen természeti jelenségek elé lép, kutatja energetikai jellegüket és annak meghatározó föltételeit. Ha ezt megállapította, az energetikai alaptételek segítségével megállapítja az egymást követő állapotok függvényes vonatkozásait, mint megannyi biztos törvényt. Tehát az energetika segítségével tudományos kezelés alá lehet venni olyan jelenségeket is, melyeknek benső természete teljesen ismeretlen; az energetikai tárgyalás lehetővé teszi a tényeknek megállapítását anélkül, hogy a tudománynak különféle föltevések terhét is magával kellene hurocolnia. Nem tagadható azonban, hogy az összes szervetlen jelenségeknek energetikai tárgyalása nem csekély nehézségekbe ütközik, melyek jelenleg még nincsenek mind elhárítva; az energetikai fizika nem teszi nélkülözhetővé a mechanikait.

Még csak egy dologra kell itt rámutatnunk; sok félreértésnek vehetjük vele elejét. Főnt elsoroltuk a fizikai tudományok legújabb állása szerint az energiafajokat s nevezetesen a hőenergiát, a sugárzó és elektromágneses áramló energiát mozgási energiáknak mondtuk. Ezen osztályozás azon föltevésen alapszik, hogy a hő az anyag parányainak, és a sugárzás s villamos áramlás az éternek rezgő mozgása. Mivel e föltevések még koránt sincsenek igazolva, sőt, ha igazak is, nincs kizárva, hogy pl. a hőenergiában helyzeti energia is van, azért az energetikusok szívesebben elejtik az energiának mozgási és helyzeti energiára való osztását és inkább beszélnek aktuális és potenciális energiáról (aktuális, mely munkában van, potenciális, melynek forrása bizonyos potenciál). Így nyitva marad ezen energiacsoportok mivoltának kérdése. Az energetika általában tartózkodik természeti jelenségek és valók mivoltának kérdésétől; csak mennyiségtani vonatkozások érdeklik.

Következik ebből, hogy nem lehet az energetikára, névszerint az energiák egyenértékére való hivatkozással a »ter-



mészeti erők egységéről» beszélni. E kitételnél talán nem kell már külön hangsúlyozni, mennyire zavarnövelő dolog ma még »erők« fönnmaradásáról, egyenértékűségéről, és azután egységéről szólni; hisz erő és energia egészen különböző valami. Ami pedig a dolog lényegét illeti, az energiák egyenértékűsége kimondja, hogyha különféle energiák, pl. hő, vegyi, villamos energia meghatározott mennyiségei egy és ugyanazon energiatípusba, pl. mechanikai mozgásba változtatva ezen közös energiából egyenlő mennyiséget adnak, akkor egymás között egyenlőértékűek. Vajjon más vonatkozásokban a különféle jelenségek, hő, kemizmus, villamoság egyenlők-e, s talán alapjukban egyek-e — erre az energetikának nincs gondja; pusztán öreá támaszkodva nem lehet kimondani az igent.<sup>1</sup>

### III. FEJEZET.

#### Az energetikai alaptételek bölcséleti értéke.

10. §. Egyetemességük és bizonyosságuk a bölcsélet színe előtt. A bölcsélet csak olyan tételeknek látja hasznát, melyek a jelenségeknek bizonyos körére egyetemleg alkalmazhatók és nem merőben hipotetikus jellegűek. Az energetika íme fölkinál itt két tételt, melyeket a szervetlen jelenségek egész körében teljes biztonsággal alkalmaz; de forrásukul a tapasztalást vallja. Föl vagyunk-e jogosítva egyetemeseeknek és egyetemesen bizonyosoknak elfogadni oly tételeket, melyeket csak tapasztalat igazol?

Egyetemességről itt kétféle értelemben lehet szó.

A természettudomány a messzelátóval, színeképelemzővel, mikroszkoppal és mikrometereivel a tudományos tapasztalást két irányban óriási arányokban kiszélesítette a közönséges tapasztalat körén túl; a mérhetetlen nagynak és mérhetetlen kicsinynek világait tárta föl. S e határtalan birodalmakban eddig minden ismert jelenségcsoportnál minden hoz-

<sup>1</sup> Ostwald, Naturphil. 226.



záférhető esetben igazolva látta a két alaptételt. A noetikai kritikai realizmus álláspontján<sup>1</sup> tehát azt kell mondanunk, hogy e törvények a szervetlen valók természetéből sarjadnak, következésképpen fizikai szükségességgel érvényesülnek mindenütt, hol a tapasztaltakkal egyenmű föltételek adva vannak; tehát a szó bölseleti értelmében egyetemesek.

Nem változtat e kijelentésen, hogy némely »bölcselő« természettudós idáig már nem követ. Az Avenarius-Mach-féle empiriokriticizmus noetikája szerint, melynek alapjára helyezkedtek, nem is tehetik. Ki minden ismeret-tartalmat mindenestől az érzéklés fenomenonjából származtat, beszélhet tapasztalatok összegeiről, de következetesen már nem »természeti« törvényekről, még kevésbbé »egyetemes« törvényekről.

Vehető az egyetemesség még tágabbra; kiterjeszthető t. i. a tapasztalaton túli szervetlen világra, pl. olyan világokra, melyek egészen mások mint a mienk, hová eddig nemcsak távcső, hanem még a sejtés sem hatolt be; vagy oly természeti valókra, melyek minket környeznek, de finomságuknál, vagy érzékeink durvaságánál fogva jelenségekké nem váltak. Az energetikai törvények érvényesek-e ezen »lehetőséges« világokban is? A tapasztalat talaján álló tudomány itt nyilván tartózkodik a kijelentésektől; s gondolom, a bölselet követheti. Mert hisz a bölseletnek sem hivatása új világokat építeni a meglevő fölé vagy alá, hanem megismerni a meglevőt lehetőleg végső, egyetemes okaiban és ezek összefüggésében.

A józan bölcselkedésnek és a tapasztalati tudományoknak közös kiindulópontja: *Omnis nostra cognitio incipit a sensibus*. A mi noetikánk és kozmologiánk a világot esetlegesnek s törvényeit csak feltételesen szükségeseknek vallja (*necessarium necessitate facti*), tehát lehetségesnek tart oly világot, hol a jelenlegiektől elütő törvények uralkodnak. Sőt nines kizárva, hogy körülöttünk is vannak természeti ténye-

<sup>1</sup> Ennek sem előadására, sem igazolására itt nincs mód; l. egyelőre Kezdet és vég a világfolyamatban c. értekezésemet 59. kk.



zők, melyekről nekünk tudomásunk nincs, s utódainknak lehet. De az egyszer megállapított és bizonyosaknak s egyetemeseeknek talált természeti törvényeket ezen föltételezett új fölfedezésektől nem kell féltetni. Mert ha e föltételes titkos tényezők kölcsönhatásban állnak a mi ismert világunkkal, akkor hatásaikkal szerepelnek az energetikai törvényekben ; mert ezek nem egyes tényezőket emelnek ki a természeti jelenségekben, hanem a szereplő tényezők eredőiről mondanak ki törvényszerűséget. További fölfedezések tehát helyesbíthetők az egyes természeti tényezőkről alkotott eddigi ismereteinket, de nem érinthetik a tényezők összhatásában kifejezésre jutó eredményt, melyet az energiatörvények a tényezők részletesebb ismeretétől függetlenül foglalnak elvébe. Ha pedig nincsenek kölcsönhatásban, akkor külön utakon járnak ; s ezek fölfedezése nem változtathat a mi világunk útjain. Erről a részről nem fenyegeti veszély az energia-tételeket.

A bölcselőnek azonban másnemű aggályai támadhatnak. Mondhatná valaki, hogy az exakt természettörvények nem a valóság kifejezői. Emlékszünk még a középiskolából, hogy pl. az egyszerű gépeknél is számításunk eredményeit nem vihetjük mindenestől bele a technikai gyakorlatba ; az ingalengés ideje nem az, amelyet az ideális ingára nézve megállapítottunk ; a testek nem esnek pontosan a szabad esés törvényei szerint stb. Tehát íme, az exakt természeti törvények nem hű egyenértékei a természeti történéseknek ; már csak azért sem, mert a természettudósok bevallása szerint is a mérések sohasem egészen »pontosak«.<sup>1</sup>

Ezen aggályok azonban fölületes szemléletből és a természeti törvények hivatásának félreismeréséből táplálkoznak. Hogy a súlyosabb nehézségen kezdjük : A mérés, igaz, sohasem egészen pontos. Legpontosabban súlyokat és hosszúságokat lehet mérni ; rendkívül kedvező körülmények között a hiba itt 0.01 gramm, illetve 0.001 mm-ig leszorítható.

<sup>1</sup> Ostwald, Naturphil. 115. kk. Chwolson, Lehrb. d. Phys. I. 280. kk.



Rendesen sokkal nagyobbak a mérés hibái. De midőn természeti tényezők vonatkozásainak exakt megállapításáról van szó, csak oly mérések jönnek számba, hol az eltérések számon tarthatók, vagyis magának a kísérletezésnek szükséges velejárói. Azonfölül az exakt természettudománynak az ő törvényei megállapításánál nem abszolút, hanem csak viszonylagos értékekre, számértékekre viszonyaira van szüksége; azokat pedig egészen pontosan tudja kapni.

Hogy pedig a konkrét természeti történésekben nem látjuk a természeti törvényeknek egyszerű kifejezését, pl. az eső testnél Galilei eséstörvényét, annak oka a valóság gazdag sokszerűsége. Minden tényleges folyamat, a leg-egyszerűbb is, egyedi valóság, az egyediséget pedig tudvalevőleg sok tényező határozza meg. A testek esésénél nem csupán a szabad esés törvénye érvényesül, hanem több más, nevezetesen a levegő ellenállásának leküzdése. De minden tényező határozott törvények szerint működik s egy-egy folyamatnak teljesen exakt kifejezését akkor kapnók meg, ha mind e részleges törvényeket számba vesszük, ami pedig sokszor lehetetlen.

Persze megint más kérdés, az empiriokriticista természettudós mikép tudja igazolni ezen alapon a természeti törvények noetikai értékét. A mi noetikai álláspontunk alapján azonban az exakt módon megállapított természeti törvény is szigorúan bizonyítva van. Hisz bizonyosságának noetikai forrása nem a merő tapasztalás, hanem e tapasztalat nyomán fakadt értelmi belátás. Aki nem ismeri el az értelem egyetemesítő képességét és jogát, semmiféle induktív törvényt nem ismerhet el. Egyébként éppen az a mód, mellyel a szaktudomány az energiatörvényeket kezeli, csattanó példája az értelem egyetemesítő képességének (skolasztikai értelemben vett absztraháló tehetségnek). Bevezeti t. i. a megfordítható és meg nem fordítható folyamatok és a körfolyamatok fogalmait és ezeken mennyiségtani módon szemlélteti és formulázza az energetikai törvényeket, majdnem azzal a közvetlenséggel, mint a mechanika az ő alaptételeit a mozgási paralelogramon. Itt persze az energetikai tételek apriorikus színt



ölnének annak szemében, ki figyelmen kívül hagyja, hogy csak induktív törvényeknek analitikai formulázásával van dolga.

De nem lehetne-e bölcséleti úton is valamikép igazolni az energetikai alaptételeket, nevezetesen az elsőt? Több út is kínálkozik s egyik sem maradt járatlan.

1. Az energiák állandóságának elve — úgy tetszik — nem egyéb mint az azonosság elve: Minden dolog egyenlő önmagával; az »erők« mennyisége is egyenlő önmagával, azaz állandó.

Ez azonban az energiák állandóságának nem levezetése, hanem csak kijelentése. Mert hisz kétségtelen, hogy minden valóság azonos önmagával, de éppen nem következik, hogy az is lesz mindig; sőt ha figyelembe vesszük a változás egyetemes kényszerűségét, melynek hódol minden, nemcsak »a hold alatt«, mint a régiek tanították, hanem az anyagvilág egész birodalmában, bajosan lesz bátorságunk előre kimondani, hogy a természetben bizonyos mennyiségek állandók maradnak.

2. A természet rendje szerint »semmi sem lesz semmivé és semmi sem lesz semmiből«, mint már Anaximandros és Epikuros tanították; s ezzel úgy látszik megtaláltuk az apriori elvet, melyből az energia megmaradása levezethető. Legalább ez az alapgondolata egy Colding nevű dánnak, ki az energiák megmaradásának elvére nézve elsőségi szerzői igényt emelt, mert ő 1843-ban a kopenhágeni akadémia előtt azt vitatta, hogy az erők elenyészhetetlenek; s állítását azzal okolta meg, hogy bennük és általuk nyilatkozik meg a természetben az örök bölcsesség; tehát szellemi valók, tehát halhatatlanok.

Descartes is a mozgásmennyiség állandóságát ilyenformán vitatta Isten változhatatlanságából.<sup>1</sup> Colding és Descartes észjárása ad igazi logikai alapot azon okoskodásnak, mely az azonosság elvére vagy Epikuros említett tételére hivatkozik. Mert valóban, ha az »erő«, mint Colding okoskodása mondja és R. Mayer is gyakran sejteti, egy állandó-

<sup>1</sup> L. Helm, Die Energetik 129.



ságra termett valami, olyan monas-féle Leibnitz értelmében (a bölcseleő természettudósok szubstanciának mondják), akkor csakugyan állandóan azonos önmagával. De éppen ez a kérdés. Mert bizonyos, hogy a természetben vannak változások s ha a változások valóságát nem akarjuk az eleai Zenonnal a látszatnak áldozatul vetni, el kell fogadnunk, hogy a változásokban valami megsemmisül — quod movetur, quantum ad aliquid transit. Igaz, hogy valami marad — quantum ad aliquid manet. Hogy mi az, ami marad, apriori el nem dönthető.

Ennek végső oka, hogy az azonosság elve normatív és nem konstitutív elv; nem ad tartalmat ismeretünknek, hanem eligazítja, helyes irányba tereli azt a gondolattartalmat, melyet az elmében talál. Ha elménkben megvan már az energiának, mint a változások közepette állandó valaminek tudata, az azonosság elve kimondja, hogy ezen állandó valaminek ugyanannak meg *kell* maradnia. Ám az energia fogalmát (s vele az energiák állandóságának elvét v. ö. I. fej. 2. §.) a tapasztalás szolgáltatja.

3. Ugyanezt kell mondanunk azon kísérletre is, mely az energiák állandóságát az elégséges alap elvéből akarja levezetni; az energia csökkenésének vagy növekvésének, úgy mond, nem volna elegendő alapja. — Igen, ha ki van mutatva, hogy az energia állandó valami; csak hogy ebben már benne van a bizonyítandó tétel. Ha az elégséges alap elvéből lehetne vezetni az energia állandóságának tételét, ugyanezen elv szerint lehetetlennek kellene mondanunk az ektropia csökkenését vagy az entropia növekvését; hiszen a tapasztalattól elzárkozó elme erre sem látna elégséges alapot.

4. Nem vezet eredményre az az út sem, melyet maga R. Mayer követett. »Az erők (az akkori nyelvhasználat még nem ismerte az energia elnevezést a mai értelemben) okok; tehát teljes mértékben illik rájuk ez az elv: causa aequat effectum.« Minden energiaváltozásban eltűnik bizonyos energia, mint ok, csak azért, hogy ép oly mértékben ismét föllépjen az okozatban; mint Ádám az Ember Tragédiájában, csak alakját változtatja untalan.



Csakhog az energiák egyenlőségének, helyesebben egyenértékűségének viszonya a jelenlegi szaktudományos fölfogás szerint nem okviszony, legalább a viszony ezen oldala őt nem érdekli; neki az számbeli értékek viszonya. Az értékek kölcsönös egyenlőségét pedig nem lehet a priori kimondani. Ha valakitől kapok egy koronát készpénzben, bizonyos, hogy annyival gazdagodtam, a mennyivel ő szegényebb lett. De ha kapok tőle egy árút, mely állítólag egy korona értékű, még nem biztos, hogy ami neki egy koronát ért, nekem is annyit ér. Nem egészen talál ugyan e hasonlat, de megvilágítja azt az állításunkat, hogy értékek egyenlőségét nem lehet a priori fölláttani; tehát az energiák egyenértékűségét sem. Róbert Mayer fönt jelzett gondolatában nem bizonyítással, hanem egy nagy természeti törvény intuitív fölismerésével és kijelentésével van dolgunk.

Az első alaptétel bölcséleti, apriorikus igazolására irányuló kísérletek tehát nem vezettek eredményre; a második elvnel még kísérlet sem történt. Egyébként a hamis apriorikus bizonyításnál mindig többet ér a tapasztalati alapozás. Ez, mint láttuk, kifogástalanul megvan az energetika alaptételeire nézve és így bevezethők az anyagi világra vonatkozó egyetemes elvek, a bölcséleti tételek közé; sőt úgy tetszik, hogy sok légies föltevés és szürke elmélet helyett ezek és effélék egyedül alkalmasok arra, hogy rajtuk emelkedhessék a bölcséleti természetismeretnek oly épülete, melyet szívesen fölkeresnek azok is, kik exakt gondolkodáshoz szokva talán nem egészen jogtalanul a bölcséleti rendszerekben több ténnyt, kevesebb apriorikus konstrukciót kívánnak. Elvégre is természettudós és bölcselő az igazságnak nem megteremtésére, hanem föl kutatására és rendszeres földolgozására van hivatva.

**11. §. Az energetika természetbölcséleti értékesítése.** Ha a természetbölcsélet az energetikának szülőföldjén nyert első értelméhez és hivatásához hű akar maradni, mindenekelőtt a szervetlen jelenségek mélyebb és egyetemesebb megértésére kell használnia. Erre több szempont kínálkozik.



A jelenségvilág jellegét semmi sem fejezi ki oly mélyen és egyetemesen mint a változás fogalma ; hisz Trendelenburg eléggé tartalmasnak találta arra, hogy rája építse a bölcséletet.<sup>1</sup> S a mozgás mivoltát, jellegét és törvényeit a bölcselők közül senki nem elemezte, vizsgálta behatóbban és nagyobb eredménnyel, mint Aristoteles és iskolája. »Ha van a pozitív tudománynak és bölcseletnek iskolája, hát Aristotelesé az . . . ennek egész rendszere egy formulán nyugszik, mely azonban nem egyéb, mint a tapasztalásnak legeggyetemesebb és legmélyebb kifejezése : *δύναμις* és *ἐνέργεια*, képesség és ténylegesség, e két szó kimondja egész tanítását és megmagyaráz mindent«, mondja egy francia.<sup>2</sup> Úgy tetszik, az energetikai tételek e hatalmas vázlatba csodálatosan beillenek ; helyenként konkrét tartalommal töltik be hézagait és sejtéseit, helyenként magukba veszik föl annak mélységeit és mindkét esetben a kutatásra és kiépítésre új távlatokat nyitnak.

Lássuk e gondolatoknak legalább körvonalait.

1. A mozgásnak, illetve a *κίνησις*-nek<sup>3</sup> legáltalánosabb elemzéséből a nagy stagirita azt következtette, hogy minden változásnál állandónak megmarad valami — valami *ὑποείμενον*. Elmélődését szent Tamás így szűrte le : Omne quod movetur, quantum ad aliquid manet, quantum ad aliquid transit.<sup>4</sup> Mi ez az aliquid manens, az a maradandó ? Végelemzésben a *ἕλη πρώτη*. Talán félreértik Aristoteles szándékát és gondolatát, kik ebben fölösleges lomot, agyrémet látnak ; e fölfogásnak persze jó ürügy a mester különös meghatározása (»sem nem valami, sem nem valamilyen, sem nem valamekkora, sem más valami való«) ; de talán azok is, akik a természettudomány jelen szókinsésének egyik vagy másik kitételével (pl. éter) akarják helyettesíteni. A *ἕλη πρώτη* metafizikai fogalom, melynek egyenértékét a valóságban exakt tapasztalati úton hiába

<sup>1</sup> Trendelenburg, Logische Untersuchungen, 1840. I. 106. kk.

<sup>2</sup> Vacherot, idézi Mercier, Ontologie<sup>3</sup>, 366.

<sup>3</sup> Ma talán evolúciónak kellene mondani ; l. Mercier, i. m. 367.

<sup>4</sup> S. theol. I, 9, I. c.



keressük. De az az *aliquid manens* a *κίνησις*-ben nem merül ki a *ἴλη πρώτη*-ban. Kitünik ez abból, hogy a régiek egyetemenleg alkalmazták a járuléki változásokra is, nemcsak a szubstanciálisokra, pedig az ő fölfogásuk szerint csak ezeknél lehetett az *aliquid manens* a *ἴλη πρώτη*. Minden egyéb változásnál e kívül kellett még valami maradandónak lenni. Mi — ők nem tudták megjelölni.

Még mindig távol állunk attól, hogy a kimerítő felelettel elő tudjunk állni. De íme, Lavoisier kimutatja és a kémia azóta alapelveként vallja, hogy az anyagváltozások során — a modern fizika itt bámulatosan összekerül a régieknek a szubstanciális változásról vallott fölfogásával <sup>1</sup> — pontosan azonosnak megmarad a tömeg, mondjuk minden változásnak hordozója. És jön az energetika és kimutatja, hogy a szervesetlen világ összes változásainak hajtóereje, forrása az energia, egy határozot értékű mennyiség, mely szintén állandó. Sejtették-e Aristoteles és hű értelmezői, hogy az ő határozatlan kifejezésük; »quantum ad aliquid manet«, egy szép napon az anyagvilágra vonatkozólag oly értelemben nyer határozott tartalmat, hogy a változások hordozója, (a tömeg) és a változások forrása (az energia) e maradandó valók, nemcsak, hanem mérhető valók és minden konkrét esetben jellegzetes mennyiségek. Itt Aristoteles művének tehát gazdagodnia kell egy elemmel, mely hirdeti Pythagoras egy szép mondatának diadalát: Számok kormányozzák a világot. Pythagoras fölfogása különben Platon ideológiája révén Aristotelestől sem volt idegen és talán csak visszhangja egy régibb, egyetemesebb és mélyebb bölcseletnek, mely azt vallotta, hogy »minden szám, mérték és súly szerint« van elrendezve. Az energetikának első alaptétele a kémiai alaptétellel kapcsolatban mint állandóság törvénye így gazdagíthatja természetbölcséletünket.

2. A második alaptétel ennél is jelentősebb. Bölcséleti jellege szembetűnő. Egy természettudományos tétel exaktségával mondja ki, hogy a szervesetlen világ változásai határo-

<sup>1</sup> L. pl. Ostwald, Grundlin. d. anorg. Chemie<sup>2</sup>. 1904. 3.



zott irányban haladnak előre, nyugalmi, egyensúlyi állapot felé. A változások igazi forrása a szabad energia, és ez fogyton fogy, a világ öregszik, elernyed és halálnak néz elébe. Úgy tűnhetnék föl, hogy nem egyéb ez, mint annak a közönséges kijelentésnek alkalmazása az anyagvilágra: minden öregszik és végre meghal. Csakhogy éppen az anyagvilágra vonatkozólag a látszat erre nem jogosít, még a hűlő föld, nap és csillagok szemlélete sem. Sőt a fölületes látszatba rögzített természetszemlélet a lét örök köreiről beszél, az inditregétől egészen Goetheig és Nietzscheig. Az entropiatétel efféle ábrándoknak véget vet és a régiek, Aristotelesssel egyetemben, aligha lettek volna oly határozatlanok az örök világ kérdésében, ha ismerték volna.

De elvégre az entropiaelvnek ezen oldalát a bölcséleti Istentan használhatja föl egész jelentőségében s természetbölcséleti alkalmazásánál, úgy tetszik, ez másodrendű dolog. Jelentősebb az, hogy minden egyes energiaalakulásnak megmondja az irányát abban az értelemben, hogy az összes változások végén a rendszer vesztett szabad energiájából; úgy szólván szemlátomást, megmérhetőleg öregedett. Az anyagvilág esetlegességének ez kézzelfogható bizonyítéka. Az esetlegesség ezentúl már nem mint elvonás, légies szólás, jelenik meg, melyen könnyen ki lehet adni azzal, hogy »metafizikai fogalmi konstrukció«, hanem mint az exakt tudomány fölényes igényeivel dicsekedő tétel.

De tartalma ezzel még nincs kimerítve. Azt is kimondja, hogy egy rendszer nem tér vissza eredeti állapotába; tehát a változások során nincsenek ismétlések, hanem minden meg előre egy határozott végállapot felé. Ezért a változások során nincsenek egyértékű elemek; a sorból nem lehet egy darabot kiemelni — még gondolatban sem — és egy előzővel vagy következővel fölcserélni, mint azt térbeli mennyiségekkel meg lehet tenni. A változások sora egyértelmű, határozott irányú sor, következésképpen az idő, a változások föltétele és »kitartottja« egyirányú, egyértelmű mennyiség. Az idő meg nem fordítható, meg nem állítható és nem abszolút jellégű. Ezen metafizikai igazság mélységét az entropia-



tétel exakt határozottsággal, kézzelfogható tartalommal tölti meg.

A második alaptételnek az az eleme, mely Le Chatelier-Braun elvében jut kifejezésre, érdekes párhuzamot tüntet föl a szervetlen anyag és a szerves lények között; kimondja, hogy a szervetlen anyag is, miként a szerves, a kívülről jövő behatások alatt oly változásokat vall, melyek e behatásokkal szemben ellenállóbbá teszik. Valósággal »alkalmazkodó képesség« ez a szervetlen világban, mely értékes kiindulópontot nyújt teleologikus elmélődéseknek.

3. Idáig a bölcsélet a befogadónak szerepében van. De midőn átveszi az energetika fogalmait és elveit, eredeti értelmük és határaik teljes tudatával vethet föl kérdéseket, melyeket a tapasztalati tudomány, mint körén kívül esőket vagy reá nézve hasznavehetetleneket, óvatosan kerül. Az exakt tudomány az energiát függvénynek tekinti, a test mindenkori állapota függvényének; az energiaváltozásoknál pedig csak a kölcsönös számértékek változására vet ügyet; pl. hány kalória felel meg egy mkg munkának. Mi azonban, kik a természetben is oksági viszonyokat vallunk, itt meg nem állhatunk. Két kérdés sürget itt feleletet:

1) Mi voltaképpen az energia? Az energetika, ha időnként fölösleges aggodalommal tiltakozik is minden metafizika ellen, melyet miszticizmusnak gondol és mond, már a meghatározásnál sem tud ellenni metafizikai fogalmak nélkül; kénytelen beszélni munkaképességről, aktuális, potenciális energiáról. Mindenesetre tévedés volna a szó hangzása után mindjárt az actus—potentia kéttagú fölosztására gondolni. De az aktusról és potenciáról szóló skolasztikai fölfogás és a természettudomány álláspontjának lelkiismeretes összevetése után talán lehet azt mondani: Az energia okvetlenül hatásra képes természeti valóság, vagyis az energiaalakulás viszonyai oksági viszonyok. Valószínű ez a természettudománynak szavajárásából, melyben sűrűn szerepelnek efféle kitételek: munkaképesség, a hő munkát végez, minden energia egyenértékű mechanikai munka létesítésére fordítható stb.; és bizonyos a mi noetikai álláspontunkból,



mely szerint minden jelenségnek okvetlenül van elégséges oka. Tehát az energia a testek állapotának nemcsak függvénye, hanem aktív képesség (*potentia activa*); és mert minden rendszer határozott értékű energiatartalommal rendelkezik, mely a rendszer jellemző tényezőivel (helyzet, térfogat, hő, elektromos állapot stb.) meg van határozva, bennük gyökerezik (»egyértelmű, véges és folytonos függvény« a szaktudomány fogalmazása szerint), azért azt kell mondani, hogy az energia oly aktív képesség, mely a szervetlen valók természetében gyökerezik. E fölfogást megerősíti az exakt tudománynak az a tétele, hogy semmiféle módon nem lehet bármely rendszertől elvonni összes energiáját.

Az energia tehát aktív képesség; a neki megfelelő ténylegesség a munka. Hogy a szaktudomány megint aktuális és pontenciális energiáról beszél, holott maga az energia már képesség, annak egyedüli magyarázata, — melyet ő maga meg nem tud adni — hogy az aktus és potencia viszonylagos metafizikai valók; ami egy előző határponthoz viszonyítva ténylegesség (*actus primus*), egy következőhöz (*actus secundus*hoz) viszonyítva lehet képesség. Az aktuális energia csak a potenciálisra vonatkoztatva tényleges, munkában levő energia; a munkaszolgáltatáshoz, illetve az általa főlhalmozható másfajta energiához viszonyítva bizony szintén csak képesség. Ez a képességi jelleg, potencialitás jellemzőké minden energetikai állapotnak.

S ez eloszlát egy félreértést és megvilágít egy érdekes oksági viszonyt.

A félreértést Haeckellel hallottuk ilyen fogalmazásban: munkaképtelen energia — képtelenség, *contradictio in adjecto*; s ilyen volna az entropia maximumának megfelelő energetikai állapot. De a képességet az jellemzi a ténylegességgel (*actus*) szemben, — s minden valóság képességi elemekkel van átszőve, kivéve a merő ténnyt, az *actus purust* — hogy tényesülése (aktuációja) föltételekhez van kötve; a búzaszem ki nem hajt, ha idejében jó földbe nem jut, pedig van képessége rá. Az energiák képesek munkára, energia át-



tételre, tehát változásoknak, természeti történéseknek táplálására, de csak kellő föltételek mellett ; láttuk, ilyen föltétel a kompenzálatlan intenzitáskülönbségek jelenléte.

Nevezetesen a potenciális energia csak akkor képes munkába lépni, ha megszüntetjük azt a kényszerállapotot, mely végelemzésben minden potenciális energiának jellemzője. Azt mondjuk, »ki kell váltani« a potenciális energiát. De ez a kiváltás sokszor oly csekély erővel történik, mely semmiképpen sincs arányban a bekövetkező eredménnyel. Pl. ágyú elsütéséhez elég a kanóc közelítése, egy város fölggyújtásához egy szikra, egy lavina megindításához egy kis kavicsnak megmozdítása. Tehát — úgy tetszik — csekély okok, nagy hatások ; s meginog a régi elv : *causa proportionata debet esse effectui*. Ez persze csak látszat ; az arányos okság elvének mindenütt kell érvényesülnie, itt is. A lavina keletkezésénél a meginduló kavics, tűzvésznel az éghető anyagból egy kis rész hőmérsékének emelése szintén hatékony ok ; de ennek közvetlen hatása nem is haladja meg hatóerejét ; a nyomában járó aránytalanul nagy eredményeknek oka pedig egy hatóképesség, *potentia activa*, az említett példákban potenciális energia, s ez bizony szabatosan arányos a hatással ; a lavina akkora pusztítást, illetve munkát végez, amennyire helyzeténél fogva képes volt. Tehát e hatások oka a hatóképesség ; az említett kis ok, a »kiváltó« ok csak tényleges hatásuknak, működésbe lépésüknek föltétele.

## 2) Mik az energiák ?

E kérdés nem hagy nyugtot a természettudósoknak sem. Az energeták, vagyis azok, kik az energia fogalmát szeretnék az exakt tudomány alapfogalmává tenni, óva intenek ugyan minden erre vonatkozó föltevéstől ; nevezetesen erőnek erejével útját akarják állani annak a törekvésnek, mely minden természeti jelenséget valaminek mozgásában látja s minden energiát vagy a tömegek, vagy a parányok, vagy az éter mechanikai mozgásának tekint. S bizonyára némi joggal hangsúlyozzák, hogy a mechanikai mozgás nem szükségképpen elemibb fogalom az energiánál, s gyakran csak történeti fejlődés okozta megszokás késztet arra, hogy a ter-



észeti jelenségeket »mechanikai képekbe« öltöztessük. Tévedés volna azt gondolni, hogy egyedül a mechanika képesít a természeti jelenségeknek egyetemes és exakt fölfogására. Az energeták és természettudósok ismeretelméleti munkálatai ez irányban eloszlattak minden kétséget.

De el kell-e ejteni azt a reményt, hogy valaha sikerül az összes természeti jelenségeket legkisebb anyagrészek mozgásaiként igazolni, sőt talán magának az anyagnak és tömegnek is dinamikai jellegét kimutatni? S ha e remény esetleg valóra válik, nyert-e, mélyebbé vált-e természetismeretünk? Azt hisszük, igen. S különösen nekünk rokonszenves ez a törekvés, mert hiszen az egységnek, rendnek és tervszerűségnek nagy himnusza lesz az, a jelenlegieknél nagyszerűbb, tartalmasabb, részletesebb kommentárja a szónak: *omnia in numero et mensura et pondere disposuisti*. S e fölfogás az energetikainak nem lesz ellenlábas, hanem kiegészítése; csak hogy minden energia mechanikai energia lesz.

Az »erők« egységéről azonban akkor sem lehet beszélni. Hisz ha a jelenlegi fizika pl. a világosság, sugárzó hő és elektromágnesség jelenségeit étermozgásokból magyarázza is, nem állítja azonosságukat; ezt a józan bölcsélet sem engedi; mindenik más a megjelenésében, tehát másnak kell lennie lényegében is. Az energiáknak mechanikai egyenértékükbe való átváltoztathatósága az oksági fölfogás szerint mindenestre többet mond mint az egyenértékűség pusztá függvényes viszonyát. Legalább is utal bizonyos *belső rokonságra* a különböző energianemek között. Ha megfontoljuk, hogy a fizika tanításai szerint is az egyes energianemeket jellemző mozgásállapotok a mozgó parányok, a mozgás iránya, alakja és sebessége szerint különböznek, elég tárgyi alapját látjuk az egyes energia-nemek különbözőségének; ha meggondoljuk, hogy a parányok, még ha dinamikai módon fogjuk is föl, alakjuknál és kölcsönös helyzetüknél fogva a jelenségek szubstrátumainak különbözőségét is eléggé megmagyarázzák, egy mechaniko-energetikai természetmagyarázatot nyertünk, mely teljesen összhangban áll az okság arisztotelesi fölfogásával. Az energiák egymásbaváltoztatható-



ságát ez esetben az iskola régi és mélyen igaz elve szabályozná : Quidquid recipitur, per modum recipientis recipitur.

4. De midőn a bölcelet így az energetikai fölfogás metafizikai alapozására és mélyítésére vállalkozik, kiterjesztésére is nyithat utakat.

Lehetne talán az energetika alapgondolataival bevilágítani a szerves, az egyéni és társadalmi élet jelenségeibe ? — Szabatos tartalmuk, határozott alakjuk, általában exaktságuk erre szinte csábít.

Igaz, az energia fogalma itt némi módosításokon menne keresztül ; a szervesetlen jelenségek energiafogalma a szerves, egyéni és társadalmi élet jelenségeire csak analóg módon alkalmazható. Meg az is kétségtelen : nem minden veszélytől ment az ilyen kísérlet. De ha eredeti területén az energetika a jelenségek függvényviszonyainak számbeli megállapításán fáradoz s néhány képviselője az említett jelenségekre való kiterjesztésében erről megfeledkezve az oksági és minőségi vonatkozásokat elhanyagolta, abból nem következik, hogy minden ily irányú kísérlet csődöt mond, vagy akár csak eleve is gyanús,<sup>1</sup> vagy az ő kezükben azokat meg is kell hagyni. Az imént mutattuk ki, hogy az energetika dinamikai és oksági kiegészítésre alkalmas, és ha mindjárt eredeti jellegéhez híven csak számokkal kifejezhető törvényeket állapítana is meg a szerves, egyéni és társadalmi jelenségek között, nem lehetne kárhóztatni : abstrahentium non est mendacium. Más irányú dinamikai, oksági és kvalitatív kiegészítésnek ép úgy nem állná útját itt, mint a szervesetlen jelenségek bölcseletében. Egyelőre azonban a bölcselőknek meg kell még várni, míg az illetékes szaktudományok, az élettan, tapasztalati lélektan, társadalomstatisztika stb. elegendő anyagot bocsátanak rendelkezésre.

5. Egy veszedelme azonban lehet minden energetikai iránynak, melyet már az imént érintettem : fogalmainak szabatosságától, tételeinek exakt jellegétől, módszerének sikereitől elkapatva könnyen kísértetbe jut az energetikai

<sup>1</sup> Néhányat említ Helm, Die Energetik. 206. kk.



gondolkodás kizárólagos alkalmasságát hangsúlyozni és egyeduralmát követelni. Az empirio-kriticizmus, mely minden metafizikát száműz, — legalább programjában; tetteleg ez még egy rendszernek sem sikerült — az ő metafizikai agnoszticizmusának erős támaszát látja az energetikában. De az imént láttuk, ez nem jár vele az energetikával, ez az agnoszticizmus nincs benne alapgondolatainak sem tartalmában, sem irányában; az tisztára lélektani jelenség, melyet egy józan noetika könnyen elkerül.

Hisz még a szaktudósok is jobbra tisztában vannak vele, hogy az energetika nincs kizárólagos uralomra hivatva még az exakt természettudományban sem.<sup>1</sup>

6. Több becses noetikai tanulságot is nyújt nekünk az energetika eddigi története és irodalma: 1. A mechanikai magyarázat kizárólagossági igényét megdöntötte. 2. Újból igazolta Vacherot szavát: Aktus, potencia nélkül a tapasztalati tudomány nem tud boldogulni; s ezzel önkénytelenül elismeréssel hódol Aristoteles metafizikájának. 3. A mechanikai fölfogással egy húron pendül, midőn a természet oksági fölfogásáról nyilatkozik. Elismeri, ha nem is mindig kifejezetten, hogy ha a természet körében maradunk, a természeti hatóokságot nem értjük; innen van többek közt, hogy az ismeretelméletek Hume nyomán tagadják az okságot a természetben, vagy legalább ignorálják. De ezzel egyúttal igazolják, hogy a természet végső elveit hiába keressük magában a természetben. Az exakt természet-magyarázat csak vastag agnoszticizmus árán lehet »egyetemes« bölcseletté.

## 12. §. Az energetika értékesítése a bölcseleti Istentanban.

1. Arról van itt szó, lehet-e értékesíteni az energetikai elveket az Isten létének bizonyítására. Előbb azonban meg kell kissé világítani azt a törekvést, mely különösen az első alaptételből az Isten léte ellen küzd.

Ezen irány az energia megmaradásának törvényét összekapcsolja a tömeg megmaradásának törvényével és úgy okos-

<sup>1</sup> V. ö. pl. *Winkelmann*, Handb. d. Phys. I. 85., sőt *Helm*, *Energ.* 353.; igaz, az energetikusok vezére, *Ostwald*, más reményeket táplál. *Naturphil.* 470.



odik : Minden visszavezethető az anyagra, helyesebben tömegre és erőre (Kraft u. Stoff, Büchner dualizmusa). Ám Lavoisier törvénye kimondja, hogy anyag nem keletkezik és nem vész el, az energetika első törvénye pedig arra tanít, hogy az erő örök. Tehát anyagon és erőn kívül nincs szükségünk más valóságra a világ magyarázása végett. Ez ősidőktől minden monisztikus iránynak főérve ; Haeckel is a tömeg és energia megmaradásának törvényét az ő monizmusa vezérsillagának nevezi.<sup>1</sup>

Ezúttal nem foglalkozunk azzal a kijelentéssel : minden tapasztalati jelenség visszavezethető az anyagra és erőre. Csak futtában vetjük oda, hogy ma anyag és erő megmaradásáról beszélni, gyanút kelt az energetika és kémia alapfogalmai körüli nagy tájékozatlanság iránt. Minket itt az a kérdés érdekel : A tömeg és energia megmaradásából következik-e örökkévalóságuk ? Unos-untig hallottuk, hogy tapasztalati elvekkel van itt dolgunk ; szabatosan úgy hangzanak : Az exakt tapasztalás körében tény, hogy a tömeg és energia nem keletkezik semmiből és nem lesz semmivé. De ha valaki azután azt következteti : tehát sem a tömeg, sem az anyag nem lett, két rendbeli meg nem engedett, illetve igazolatlan általánosítást, extrapolációt követ el. Először is minden igazolás nélkül általánosít a világegyetemre törvényeket, melyek csak a tapasztalati világra nézve vannak megállapítva, másodszor pedig más létrendbe csap át, midőn időleges lét alapján örök létet állít. Ez belekövetkeztetés. Az energetika csak azt mondja, hogy az energia állandó ; egy örökkévalóság óta állanak-e, arról nem tud ; a tér- és időbeli végtelen egyaránt kívül esik körén. Tehát a monizmus legalább is nem hivatkozhatik az exakt természettudománynak sem ezen, sem más tételére. Különben is az exakt tudomány sem nem monista, sem nem dualista ; egyszerűen azért, mert nem böleselet.

A monizmus tehát határsértést követ el, midőn az energetika alaptételére hivatkozik. De nem ez a főhibája. Sarkalatos

<sup>1</sup> Welträtsel 95. l.



tévedése egy noetikai tévedés. Fölteszi, hogy ami egyszer van, aminek nem lehet rámutatni a kezdetére, nem szorul már létének igazolására; ha tehát az anyag és anyagi erő kezdet nélkül van, fölöslegessé vált egy első föltétlen szellemi ok. A skolaszticizmus, legalább virágzása korában, e fölfogást nem vallotta. Legékesebb tanúbizonyság erre szent Tamás, ki úgy gondolta, hogy nem lehet az észből igazolni a világ kezdetét és mégis, ő is, követői is magából a világból következtettek egy föltétlen szellemi lényre. Azt vallották, és minden józan noetikának azt kell vallania, hogy a lét maga még nem oka, alapja magamagának és ha valamiről azt állítjuk, hogy van, még pedig kezdet nélkül, még nem vagyunk fölmentve igazolásától. A monizmus tehát még nem végezte el dolgát, ha a tömeg és energia megmaradásának alapján e kettőnek örökkévalóságát állítja; sőt éppen ezután kezdődne föladata, melynek persze megfelelni nem tud: e kettőnek abszolút voltát bizonyítani.

De hát a monizmust idáig nem is kell engednünk. Az imént láttuk, az állandóság elvének alapján még a tömeg és energia örökkévalóságának állításáig sem jut el. S csak azért fűztük tovább a gondolatot, hogy rámutassunk arra, mennyire nincs kötve a kozmológiai Istenérv egy kezdődő világhoz. Ezt szent Tamás is fényesen igazolta, de megvallotta, hogy az örök világ föltevése mellett talán nem annyira nyilvánvaló Isten léte; s bizonyára kézzelfoghatóbb, ha van kezdete.<sup>1</sup> Sőt egészen általánosan állíthatjuk, hogy minél több exakt adattal bizonyíthatjuk a világ esetlegességét és célszerűségét, annál kézzelfoghatóbb alakot öltenek azon gondolatmenetek, melyek az első s föltétlen valóhoz vezetnek. S éppen itt tehet nagy szolgálatot az energetika az ő alaptételeivel. Nevezetesen:

2. *A kozmológiai érv* részint a tapasztalati világ esetlegességéből, mondjuk léttartalmának fogyatékoságából következtet egy a lét teljességét tartalmazó abszolút valóra, részint pedig a tapasztalati hatóokság hiányosságából következtet egy merőben hatékony első okra.

<sup>1</sup> C. gent. I. I. c. 13. ad fin.



A második alaptétel kézzel rámutat arra az első tekintetre meglepő jelenségre, hogy az energiák szemlátomást hitványulnak. Egy-egy rendszer minden folyamattal végelemzésben vesz a tettejéből, életretermettségből; a pusztulhatatlannak tetsző, önporaiból állandóan újraéledni látszó anyagvilág kopik, satnyul, elagg; még pedig éppen abban az elemében, mely a változások forrása s melynek mennyisége el nem pusztul. Az esetlegeségnek, halálravalóságnak csattanósabb kifejezését alig lehetne találni.

Ami pedig a természeti tényezők összefüggését illeti, itt az energetika inkább negatív szolgálatot teljesít. Kimutatja ugyan az energiák kölcsönös egyenértékűségét, de tanácstalanul áll a kérdéssel szemben, mely itt fölvetődik: Mi köze pl. az elektromosságnak a mechanikai munkához? Az energiák egymásba változása a természetnek mély titka; s midőn az energetikusok egyre tudatosabban lemondanak a természetben okok kereséséről, és még az erő fogalmát is megfosztják az oksági elemtől, mely eredetileg megvan benne, csak arról tesznek tanuságot, hogy a természeti hatóokság a legnehezebben érthető, mert leggyöngébb okság, melynek magyarázatát nem lehet megtalálni a természet körén belül. Tehát az energetika, különösen az energiák egyenértéke szinte kiált rajta kívül álló, teljes tartalmú hatóokság után. Ugyanazt a gondolatot meg lehet találni az energia fogalmában magában, mely végre is a képeségnek, tehát a tartalmi kiegészülést áhító létnek kategóriájába tartozik.

Azután a *nomologiai érv* a természetben megnyilatkozó törvényszerűségből következtet törvényszerző értelemre. Az első alaptétel főként ilyen törvényszerűséget juttat kifejezésre az energiák egyenértékűségének megállapításában. Itt határozott, állandó, számokban kifejezhető viszonyok, törvények uralkodnak. A nomologiai Istenérvnek egyik legszebb kiinduló pontja a tömegek megmaradásának és a kémiai elemsúlyok állandóságának elve mellett az energiák egyenértéke.



A második tétel pedig a teleologiai érvnek szolgáltat szép felső tételt; kimondja, hogy egyetemes irányzatosság uralkodik az anyagvilág jelenségeiben, nagyban és kicsinyben; egy exakt törvény kézzelfoghatóságával megállapítja az idő egyértelműségét. Itt változások sorozatáról, tevékenységnek jövőjéről van szó; irányzatossága, egyértelmű meghatározása teleologikus irányítást és meghatározást követel.

3. Mindezeknél azonban sokkal nagyobb szabású következtetésekre jogosít a két alaptétel, ha a világegyetemre alkalmazzuk. Éppen ezen következmények, különösen a második tételből folyók, oly egyetemes érdekűek, oly meglepők, hogy Helmholtz az energetikai fölfogás terjesztésére és népszerűsítésére nagy sikerrel használta. Apologeták mohón kaptak rajta, s előállt az az érdekes jelenség, hogy az »entropia-érv« régen belekerült a népszerű apológiába, holott az »entropia-elv« a köznapi fizikából még mindig hiányzik. Persze a népszerűsítés és kihasználás hevében ritkán került idő az érv alapjainak és értékének kellő kritikájára.

A dolog azon fordul, vajjon joggal alkalmazhatók-e az energetikai tételek a világegyetemre.

A szaktudományos irodalom Clausiusnak egy fogalmazása kapcsán figyelmeztet, hogy az energetikai alaptételeket a szaktudomány nem alkalmazhatja a világegyetemre.<sup>1</sup> S ha fontolóra vesszük, hogy az exakt tudomány forrása a tapasztalat (megfigyelés és kísérlet), igazat kell neki adnunk. Az exakt tudománynak a világegyetem hozzáférhetetlen.

Plank<sup>2</sup> azt mondja, hogy az energetikai tételeknek a világegyetemre való kiterjesztése az exakt tudomány szemében utóvégre nem tilalmas dolog, de akkor csak annyit jelenthet: Teljesen elszigetelt rendszert valósággal nem lehet előállítani. Ha már most rendszerünket kiterjesztjük a tapasztalati világ határain túl a lehető legnagyobb (tőle végtelennek gondolt) világra, gyakorlatilag zárt rendszert nyerünk. Mert akkor a zárt rendszer föltevésénél már oly

<sup>1</sup> L. Chwolson, Lehrb. d. Phys. III. 515.

<sup>2</sup> Thermodynamik. 100.



csekély hibát követünk el, hogy a gyakorlatban ez elhanyagolható. — Ám végtelen-e a világ? S ha végtelen, nem tűnik-e el tapasztalati világunk köréből visszahozhatatlanul egyre több hőenergiája? Plank gondolata bölcséleti kísérlet, mely azonban nem áll helyt.

Egyesek még ridegebb álláspontra helyezkednek, s semmi képpen sem akarják megengedni az alaptételeknek a világegyetemre való kiterjesztését. Picard<sup>1</sup> Clausiusnak és lord Kelvinnek enemű kísérleteit egyszerűen költői ábrándozásoknak minősíti, milyenekhez szerinte persze a tudósoknak is van olykor-olykor joguk. Ugyanígy Helm.<sup>2</sup>

De ez a tiltakozás már átlépi a szaktudomány hatáskörét, s azért nem is állhat elénk a szaktudományos exaktság fölüenyek tekintélyével. A kutató szellem nem is hallgat ilyen tilalmakra; fölismeri ugyan korlátjait, de határokat nem tűr. Nagy szaktekintélyek, egy Helmholtz, Kelvin lord, Clausius, Boltzmann, Ritter, Auerbach, maguk nem fogadták el. S a szaktudományos és bölcséleti álláspont igényei s helyzete e kérdést illetőleg alig fejezhető ki szabatosabban, mint Bryan teszi:<sup>3</sup> »Ha szabad a világegyetemet végesnek fölfogni, az entropiatörvény kiterjesztése nem ütközik nehézségekbe. Ha azonban azon fölfogás felé hajlunk, hogy a világegyetem végtelen, mindenekelőtt azzal kellene tisztába jönnünk, mily föltételek mellett alkalmazhatók a termodinamika tételei egy végtelen rendszerre, sőt egyáltalán alkalmazhatók-e. Bölcséleti elmélődésre itt nem szánhatjuk el magunkat, azért a dolgot annyiban kell hagynunk. Hanem egyszerűen felállítjuk azt a magában véve bizonyítandó föltevést, hogy a világegyetem termodinamikailag zárt rendszernek tekinthető. Ez esetben kimondhatjuk Clausiussal a büszke tételt: A világegyetem energiája állandó; entropiája pedig maximum felé halad.«

<sup>1</sup> La science moderne et son état actuel. 132.

<sup>2</sup> Die Energetik. 124.

<sup>3</sup> Encyclopaedie d. mathemat. Wissenschaften Bd. V. I. 1903. 99.



Tehát Bryan az energetikai tételek, különösen a második egyetemességét a világegyetem végességétől teszi függővé. Valóban az entropia csak olyan folyamatokban marad egyenlő, melyek csak végtelen kicsiny fokban térnek el az egyensúlyi állapottól; e folyamatok valósításához egy rendszerben végtelen sok alkotórész kellene.<sup>1</sup> Véges számú alkotórészből álló rendszerben ez lehetetlen. Ha tehát a világegyetem véges, entropiája csak növekedhetik — egy föltétel alatt; ha t. i. a végesnek vett világegyetemnek eddig ismeretlen részeiben ugyanolyan a szervesetlen világ mint a tapasztalati világ körén belül. Bryan és mások ezt magától értetődőnek veszik; de szigorúan tudományos szempontból ezt is igazolni kell, mielőtt az energetikai törvényeket egyetemesen kimondanók.

Úgy tetszik, ki lehet mutatni, hogy 1. a világegyetem véges számú alkotórészből áll; s e tétel metafizikai bizonyossággal bizonyos,<sup>2</sup> 2. pedig a világegyetem homogén rendszer; s ez a tétel erkölcsi bizonyossággal bizonyos, vagyis természettudományi és bölcséleti bizonyítékokra támaszkodik s alapos nehézség nem vethető ellenére.<sup>3</sup> Tehát következményképen leírható Clausius föntebbi két fogalmazása.

S csak most lehet levonni a következtetést.

Az első alaptétel ez esetben a világ esetlegességét állítja nyíltan az elme elé; a világ energiája, a változások forrása, a munkaképesség véges mennyiség. A következmény szembeeszkő.

A második tétel még szebb bizonyítást enged: Az entropia maximum felé halad; tehát valaha minimuma volt, s az az ektropia maximuma. Más szóval a világfolyamat, az energiaalakulások valaha kezdődtek. Ám a kezdet egy kétségtelen tény erejével az energiák birodalmán fölül álló kezdőre utal, ki az állandó energiamennyiséget e kezdet szá-

<sup>1</sup> Chwolson, Lehrb. d. Phys. III. 449.

<sup>2</sup> Ennek csillagászati, fizikai és bölcséleti alapon való rendszeres bizonyítását megkísérlettem Kezdet és vég a világfolyamatban c. értekezésemben. VI. fej. 81—102.

<sup>3</sup> Kezdet és vég. 77. kk.



mára úgy rendezte el, hogy az ektropia maximumával rendelkezék. Az entropiaérv valóban a legmegkapóbbak egyike. Metafizikai jelentősége azon sarkallik, hogy exakt határozottsággal kimutatja az anyagvilágra nézve, illetve az energetikai elvek birodalmán belül az időnek egyértelműségét, tehát kezdetét. Ha Aristoteles s szent Tamás ismerik, az örök anyagvilág kérdésében talán más álláspontot foglalnak el.

Akik pedig üdvözölték az energetikát, mint egy moniztikus világfölfogás exakt tudományos alapozóját (pl. Ostwald), némi iszonyattal kezdik észrevenni, hogy az energia monizmus helyett energia és entrópia dualizmusával állnak szemben, mely előbb vagy utóbb ismét anyag és szellem dualizmusára vezet. A világegyetem örök körforgásának gondolata ellen a második tétel határozottan tiltakozik. Ily irányú kísérletek már a limine sikertelenek; rendesen képzelet szülöttei.<sup>1</sup>

Természetesen eszem ágában sincs bizonyító erőt tulajdonítani az entropiaérvnek elszigetelten azon gondolatmenetektől, melyeknek első rendszerét Aristoteles, Platon és szent Ágoston nyomán szent Tamás adta. A bölcséleti Istenismeret mindig metafizika, és e meredek utakat nem lehet helyettesíteni a fizika kényelmesebb ösvényeivel. De a metafizikai bizonyítások kiindulópontja mindig a fizikai világnak egy jelenségszoportja. Minél ismertebbek e jelenségek, mentől nyilvánvalóbb esetlegességük, annál könnyebb és hathatósabb a metafizikai gondolatmenet, mely az abszolút ősohhoz visz. Az energetikátételek s nevezetesen az entropiatétel csak premisszákat szolgáltatnak az Istenérvekhez, lendítő és éltető erejük mindig az okság metafizikai elve marad. A hitvédelemből azonban már azért sem szabad elhagyni, mert a monizmusához húzó természettudománnyal szemben kiváló argumentum ad hominem-et adnak.

4. Ezen tételeknek népszerűséget azonban inkább a belőlök lehozható kozmikai következtetések biztosítottak.

<sup>1</sup> L. Kezdet és vég a világfolyamatban. 105. kk.



S mivel ezek eschatologiai kérdésekkel is érintkezésbe jutnak, röviden körvonalazzuk e kozmikai következtetések jellegét.

Az entropiatételből tényleg következik, még pedig visszavonhatatlanul, a világvég. Ez természetesen nem zár ki Isten részéről való pozitív beavatkozást, csak módot ad a világegyetem természetes halálának prognózisára. A világvég eszerint az entropia maximuma, s ez egyértelmű minden energiaváltozás szünetelésével. Mivel az energiaváltozások az intenzitás-külömbőségek nagyságával arányban állnak, e különbségek csökkenésével arányban az alakulások lassúdnak; (a végállapot felé való haladást aszimptóta alakjában lehetne lerajzolni); minél inkább közeledünk a véghez, annál inkább lassúdik a világfolyamat. Ez a két tétel biztos; határozottan következnek az entropiatételből.

Milyen lesz a végállapot — nevezetesen a mostani energiák milyen alakot öltenek, — csak akkor lehetne megmondani, ha az egyes energiákat mivoltukban jobban ismerjük. Az entropiatétel, Thomson posztulátuma szerint a hő visz majd vezérszerepet, de a világtér jelenlegi alacsony hőfoka, talán abszolút hidegfoka miatt égésről szó sem lehet. Egyéb kozmikus megfigyelések a világ megfagyásának valószínűségét ajánlják. A keresztény eschatológiával az entropia eschatológiája nem érintkezik. Nem tagadja, s nem támogatja.

De e gondolatokat nem fűzöm tovább; <sup>1</sup> úgy is átléptem már föladatom határait. Ezen értekezésnek ugyanis nincs más szándéka, mint rámutatni azon gazdag bölcséleti tartalomra, mely az energetikában, az exakt tudományoknak ezen ifjú hajtásában, még jobbára kiaknázatlanul hever. Némi kísérlet is akart lenni e tartalom értékesítésére és bizonyos balítéletek eloszlatására. Bár szolgálná azt a meggyőződést, hogy a mi hagyományos bölcséletünk képes szervesen befogadni az új igazságot, bárhonnan jó, és ez által igazolni tudja a filozofia perennis hivatásához való jogigényét.

<sup>1</sup> L. Kezdet és vég a világfolyamatban. VII. fejr. 102 kk.







## TARTALOM.

### I. FEJEZET.

#### Az energetikai alaptételek tartalma.

	Lap
1. §. Munka és munkaképesség ... ..	4
2. §. Energia és energiák egyenértéke ... ..	7
3. §. Energiafajok ... ..	10
4. §. Mikor történik valami ... ..	14
5. §. Az anyagi történések iránya ... ..	15
6. §. A »kiváltságos« eset ... ..	19
7. §. Entropia és entropia-törvény ... ..	20

### II. FEJEZET.

#### Az energetikai alaptételek értéke szaktudományos megvilágításban.

8. §. Induktív igazolás; energetika és thermodynamika ... ..	23
9. §. A deduktív bizonyítás kísérletei; energetika és mechanika ...	30

### III. FEJEZET.

#### Az energetikai alaptételek bölcséleti értéke.

10. §. Egyetemességük és bizonyosságuk a bölcsélet színe előtt ...	34
11. §. Az energetika természetbölcséleti értékesítése ... ..	40
12. §. Az energetika értékesítése a bölcséleti Istentanban ... ..	49

---

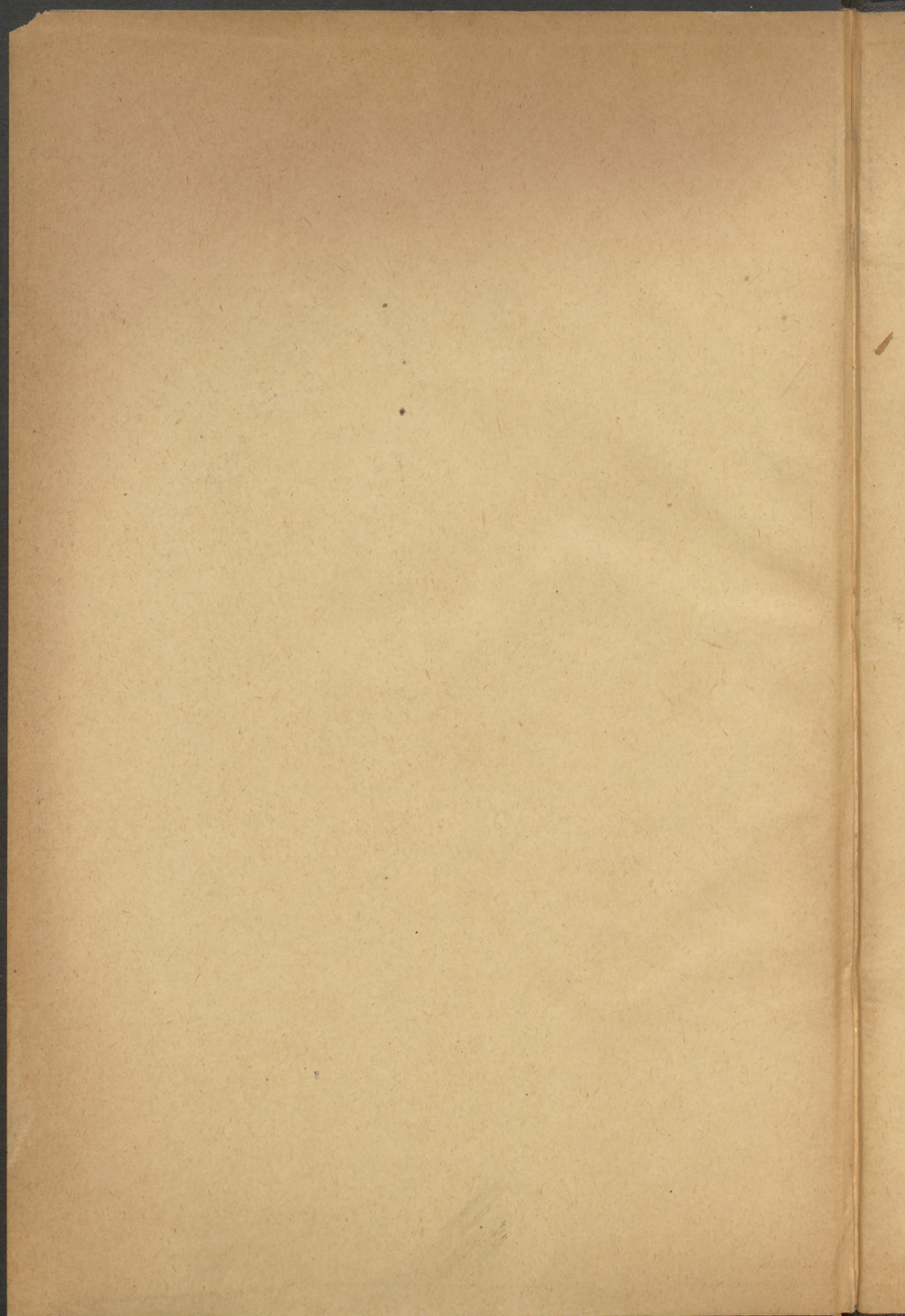




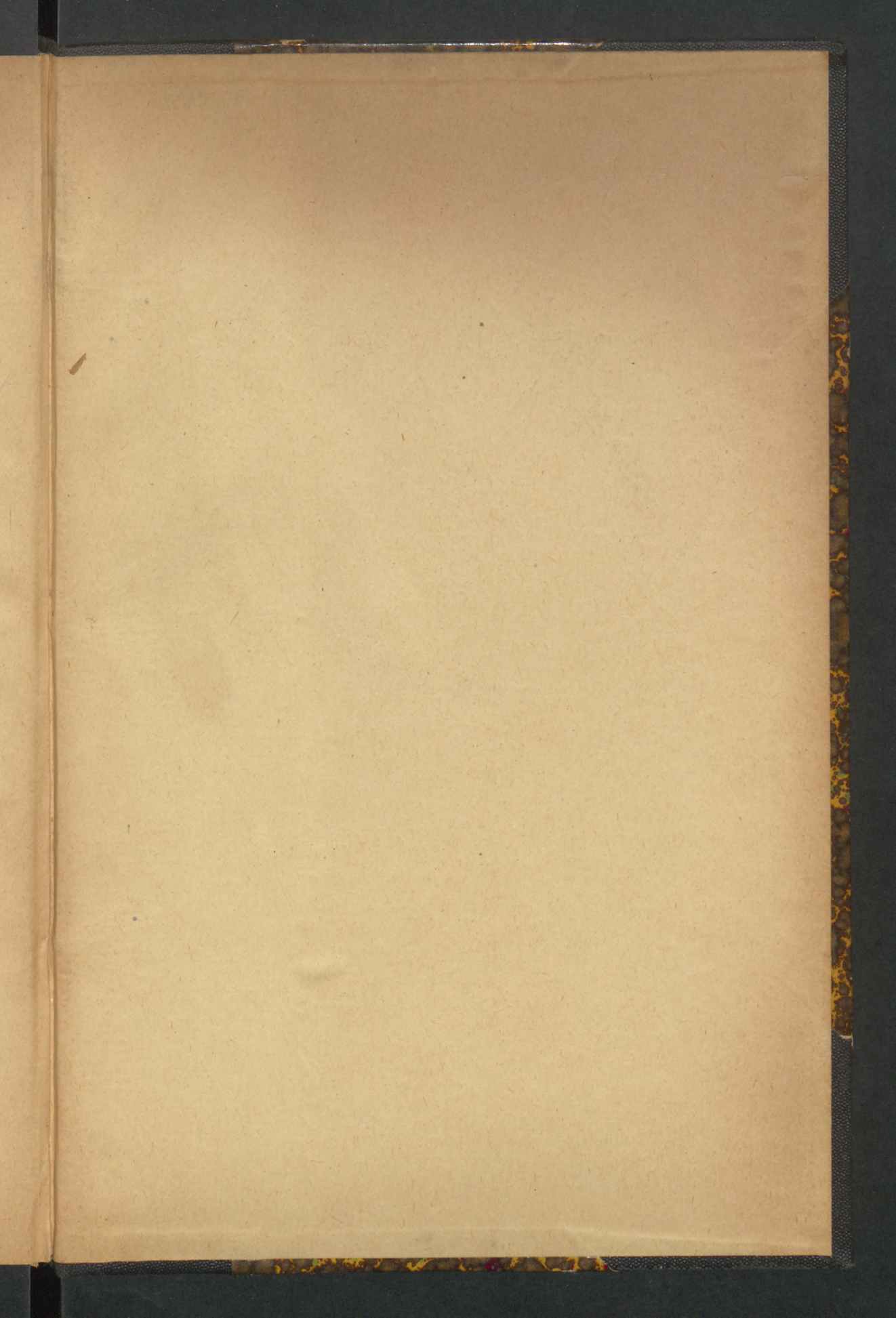




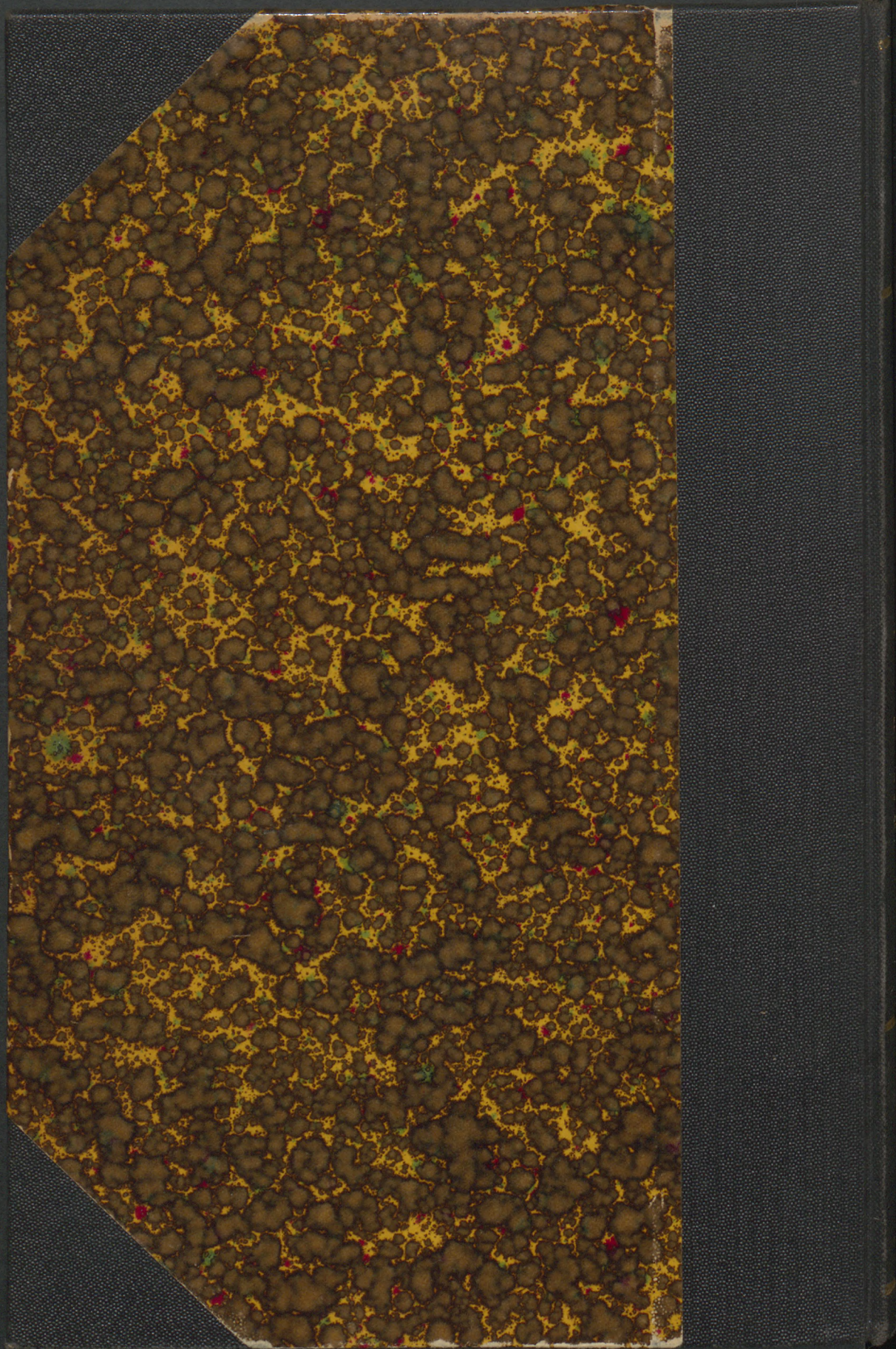














Schütz. Energetika és bölcsélet

H. H.