This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

A világegyetem energia-készlete.

A természettudományok vívmányai között a laikus szemében kétségkivül egyike a legcsodálatosabbaknak és legmegkapóbbaknak az a tény, hogy a véges ember betekintést szerezhet mind a végtelen nagy, mind a végtelen kicsiny birodalmába. A messzelátóval és a mikroszkóppal felfegyverzett szem egész világokat lát a Tejút összefolyó ködében, valamint az egyszerű vízcsepp tartalmában. Ámde a tudomány nem csupán a *látásra* tanít meg, hanem ennél sokkal többre, a *mérésre* is. Megmérjük az égi testeknek egymástól való távolságát, meg a sebességöket, megmérjük nagyságukat, meg a tömegöket, megmérjük a fény terjedése sebességét, meg a különböző színek hullámhosszaságát, felső és alsó határt tudunk szabni két molekula egymástól való távolságának; egy szóval az anyag, tér és idő szemléletéből alkotott alapvető fogalmainkat mérhetőleg ki tudjuk terjeszteni mind a nagyok, mind a kicsinyek világára. De így kapott mérési eredményeink nem egyebek, mint holt számok, melyek semmit sem szólnak a képzelethez. E számok ugyanis a tőlünk megszokott földi viszonyok mérőszámaihoz képest oly rengeteg nagyok, vagy olyannyira kicsinyek, hogy teljesen hiányzik valami megszokott nagysággal való összehasonlíthatás, a mely elképzelhetővé tenné őket és így életet öntene beléjök. Kissé lendíthetünk ugyan képzelő erőnk szárnyain, ha azzal a fogással élünk, hogy a nyers számok helyett bizonyos jól ismert közéleti vagy természeti jelenségre vonatkozó analogiával fejezzük ki a mérés eredményeit. Így például lehetetlen helyes fogalmat alkotni a hozzánk legközelebb eső csillagnak, a Centaurus α-jának tőlünk való távolsága nagyságáról, ha azt mondjuk, hogy ez a távolság 10 trillió mérföld; ha azonban azt mondjuk, hogy a Centaurus α-ja olyan messze van, hogy tőle a fény a Földig $4^1/_3$ év alatt ér el, valamiképen mégis el tudjuk képzelni ezt a távolságot, mely oly mesésen nagy a földi távolságokhoz képest.

A nagy számok csodás világába vezet el a »Prometheus« mult évi folyamának egyik érdekes czikksorozata, a melyben Dziobek, az ismert nevű csillagász értekezik a mindenségben felhalmozott energia mennyiségéről. Érdemesnek tartjuk Dziobek fejtegetéseit és eredményeit főbb vonásokban ismertetni, annál is inkább, mivel nem csupán új számóriásokat nyujt, hanem egyúttal felveti azt a tárgyához közel álló kérdést, hogy mi történik, ha majd a kőszén elfogy; ez a kérdés pedig a legnagyobb mértékben érdekelheti a jövőbe is tekintő, a folytonosan előretörő művelt emberiséget, mert ha ma még csak akadémikus értékű is e kérdés feltevése, pár száz év mulva már parancsolólag követeli a feleletet, mikor tudniillik Földünknek összes kőszénbányái már ki lesznek merítve.

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Ha a modern természettudományok két fundamentális elvét: az anyag megmaradása és az energia megmaradása elvét az egész mindenségre alkalmazzuk, szükségképen arra a következtetésre jutunk, hogy a természet egész világának anyaga és energiája állandó mennyiség. Arra természetesen még csak gondolni sem lehet, hogy kiszámíthassuk a mindenség anyagának és energiájának mennyiségét; de a mi lehetetlenség az egészre, lehetséges ennek egy részére: naprendszerünkre. Naprendszerünk energiája főleg a következő négy alakban jelenik meg: 1. *mozgási energia* vagy *eleven erő*, 2. *potencziális* vagy *helyzeti energia*, 3. *hő energia* és 4. *sugárzó energia*, vagyis az izzó Naptól kibocsátott fény- és hősugarak energiája.

Vegyük sorra ezeket az energiafajokat, és próbáljuk meghatározni nagyságukat, főleg a Földre való tekintettel.

1. *Mozgási energia.* Minden mozgásban lévő anyagnak bizonyos munkatehetsége van, a mely függ egyrészt az anyag mennyiségétől, másrészt a sebességtől. Ha az anyag haladó mozgást végez, vagyis minden pontjának ugyanaz a v sebessége van, és az anyagtömege m, akkor ennek a munkaképességnek mértéke $\frac{1}{2} mv^2$, a mit mozgási energiának vagy eleven erőnek nevezünk. Ha a test mozgása egy tengely körül való forgásból áll, a sebességen kivül nem csupán az anyag mennyiségétől, hanem ennek eloszlása mikéntjétől is függ az eleven erő, a melynek kifejezése most $\frac{1}{2} I \omega^2$, a hol I a testnek a tengelyre vonatkozó *tehetetlenségi nyomatékát* jelenti, a mit tökéletesen meghatároz az anyag mennyisége és a tengely körüli eloszlása; ω jelenti a forgás szögsebességét, vagyis a tengelytől a távolság egységében lévő pont sebességét. Ha valamely testnek egyidejűleg van haladó és forgó mozgása, akkor összes eleven ereje: e két mozgásának külön megfelelő eleven erők összege.

Ez utóbbi eset fordul elő a Földünknél, a mely tudvalevőleg kettős mozgást tesz, a mennyiben tengelye körül forog, és a Nap körül elliptikus pályán haladó mozgást végez.

Lássuk először is a forgásból eredő eleven erő meghatározását a fenti képlet alapján; az ω szögsebességet ismeretessé teszi a Föld egyszeri körülforgása idejének ismerete; az I tehetetlenségi nyomaték kiszámítására ismerni kellene az anyag eloszlásának törvényét a Föld belsejében, a mit azonban nem ismerünk; mindössze annyit tudunk, hogy a külső földrétegek középsűrűsége 2·5, hogy a sűrűség befelé haladva folyvást növekszik, és végül hogy az egész Föld középsűrűsége 5·5. Ha az egész földben 2·5-nek vennők a sűrűséget, a valódinál kisebb, ha pedig 5·5-nek vennők a sűrűséget, a valódinál nagyobb értéket kapnánk a tehetetlenségi nyomatékra és így a forgási eleven erőre is. Vegyünk tehát középértékben 4-et a homogénnak feltételezett Föld sűrűségeül; így a számítás arra vezet, hogy a Föld tengelye körüli forgásából eredő eleven erő 16,000 quadrillió kilogramm-méter (kgm). E szám óriási voltát érzékítsük a következőképen. Ha felvesszük, hogy Földünk összes gépeiben ezermillió lóerő dolgozik, akkor a Föld forgásának energiája elegendő lenne, hogy gépeinket 70,000 millió évig elhajtsa.

Laplace vizsgálódásai szerint a Föld forgási energiája és így a forgási idő, vagyis a nappal hosszasága állandóan ugyanaz marad és csillagászati megfigyelések is igazolják, hogy a Nap hosszasága az utolsó három ezredév alatt nem változott $^1/_{100}$ mp.-czel, és mégis van egy ok, a melynek szükségképen folytonosan csökkenteni kell a Föld forgási energiáját és így hosszabbá tenni a napo-

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

kat. Erre Meyer Róbert-nak, az energiáról szóló tanítás geniális úttörőjének éleslátása mutatott rá. Ez az ok az árapály, vagyis a dagály és apály időszakos változása. Ennek megértése igen egyszerű. Az árapály keletről nyugotra, tehát a Föld forgásával ellenkező értelemben húzódik végig a tengeren, e közben természetesen surlódik a tengerfenékhez, és főleg a partokhoz; ez a surlódás ellene dolgozik a Föld forgásának és így lassítja, vagyis a forgási energiát csökkenti. Nagyon durván ki is számíthatjuk a csökkenés nagyságát; ha ugyanis a tengerpartok hosszúságát 100 ezer kilométernek vesszük, és ha feltesszük, hogy 1 méter hosszú partdarabon a surlódás legyőzésére fordított munka 10 lóerő, akkor az egész árapály surlódásának legyőzésére fordított másodperczenkénti munka ezer millió lóerő, és ugyanennyi a Föld forgási energiának másodperczenkénti csökkenése. Emberi viszonyainkhoz képest óriási nagy ez a surlódási munka, mert hiszen körülbelül ugyanakkora mint összes gépeink együttes munkája, de azért a Föld forgási energiájához képest olyannyira kicsiny, hogy csak több ezer millió év alatt emészthetné fel teljesen a Föld forgásának eleven erejét.

A Föld forgási energiájánál még nagyobb a Nap körül való kerengéséből eredő energia. Ismervén a Föld tömegét, és haladó sebességét, a mely másodperczenként 30,000 m, a fenti képlet szerint kiszámíthatjuk a megfelelő eleven erőt, és ez 190 quintillió kgm-nek adódik ki; ez az energia mennyiség 800 billió éven át tudná működésben tartani a Föld összes gépeit.

Természetesen még sokkalta nagyobb az egész naprendszerünknek eleven ereje, mivel itt nem csupán az egyes bolygóknak saját forgása és a Nap körüli keringése jő számításba, hanem egyúttal az is, hogy az egész naprendszernek van egy közös mozgása a Herkules csillagképe felé, a mely mozgásnak másodperczenkénti sebessége mérföldekre rúg.

2. *Az általános vonzás potencziális energiája.* Valamint a háztetőn nyugvó kődarabnak pusztán helyzeténél fogva van bizonyos munkaképessége, potencziális energiája, mely a szabad esés közben fokozatosan eleven erővé változik át, úgy a Nap körül keringő Földnek is van potencziális energiája, a mely a Naptól való távolság függvénye. Mivel ez a távolság nem állandó, lévén a Föld pályája nem kör, hanem ellipszis, a potencziális energia sem állandó; ámde állandó a potencziális energiának és a Föld haladó mozgásából eredő eleven erőnek az összege. Így például januárius elején, mikor a Föld perihéliumban, vagyis legközelebb van a Naphoz, a potencziális energia minimum, de az eleven erő maximum, és juliusban, mikor a Föld aphéliumban, vagyis legtávolabb van a Naptól, a potencziális energia maximum, de az eleven erő minimum. Az egyik energiafaj nyeresége tehát mindig egyenlő a másiknak veszteségével. Már most a számítás azt adja, hogy a Föld eleven erejének legnagyobb növekedése és csökkenése az átlagos értékének $^1/_{30}$-ad része, tehát kerek számban 6 quintillió kgm; a mondottak szerint ugyanekkora a Föld potencziális energiájának legnagyobb változása. Ebből most már könnyű kiszámítani azt a vonzóerőt, a melylyel a Nap a Földre hat; ennek a vonzóerőnek átlagos értéke 2400 trillió kg-nak adódik ki.

A naprendszer mozgásában és így mechanikai energiájában is nagy állandóság mutatkozik; de azért igen valószinű, hogy folytonos változásoknak van alávetve, a melyek azonban aránylag olyannyira kicsinyek, hogy az alatt a rövid pár ezerév alatt, a mennyire az emberi megfigyelések visszanyúlnak, még nem észlelhetők.

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

3. *A hőenergia.* Századunknak a természettudományok terén egyik legnagyobb fölfedezése kétségkivül a hő valódi természetének felismerésében áll; abban, hogy a testeknek az a tulajdonsága, melyet érzékeink közlése szerint melegnek vagy hidegnek nevezünk, voltaképen a legkisebb részeknek érzékeinktől észre nem vehető rezgőmozgása; abban, hogy mechanikai munka átalakítható hővé és viszont és így a hő nem egyéb, mint az energiának egyik faja. Hőt, vagyis melegmennyiséget tudvalevőleg kaloriával mérünk, vagyis azzal a melegmennyiséggel, mely 1 kg 0°-ú víz hőfokát 1° C.-szal felemeli, a mechanikai energia egysége pedig a kilogramm-méter. E két egység között a két mennyiség azonosságánál fogva állandó viszonynak kell fennállani, és valóban a legkülönbözőbb elvek szerint tett nagyszámú pontos mérő kisérletek arra vezettek, hogy 1 kal. = 425 kgm. Mivel minden meleg test bizonyos energiamennyiséggel rendelkezik épen melegségénél fogva, azért Földünknek is van hőenergiája, és fölvethető a kérdés, hogy ez mekkora. E kérdésre pontos választ nem adhatunk, mert ehhez ismerni kellene a Föld átlagos hőfokát és átlagos hőfoghatóságát, a melyek azonban mindeddig ismeretlenek előttünk. Igaz ugyan, hogy addig a mélységig (2000 m), a meddig emberi kéznek a Földbe lehatolni sikerült, azt tapasztaljuk, hogy száz *lábanként* a hőfok 1° C.-szal emelkedik; de természetesen nagyon könnyelmű és teljesen megokolatlan következtetés lenne az, hogy a Föld előttünk rejtett belsejében is ugyanilyenek a viszonyok. Ha önkényesen feltesszük, hogy a Föld átlagos hőfoka 5000° C. és átlagos hőfoghatósága $^1/_{10}$, azt kapjuk, hogy a Föld hőenergiája 1 quintillió kgm. Bármily bizonytalan feltevések eredménye is ez a szám, annyit mégis bizonyít, hogy a Föld hőenergiája valószinűleg sokkal nagyobb, mint a forgási eleven erő, de sokkal kisebb, mint a Nap körüli mozgásból eredő eleven erő. Hogy mily óriási különbség van a két eleven erő közt, legjobban kiderül, ha kiszámítjuk, hogy mindenik eleven erővel egyértékű melegmennyiség mennyivel emelné a Föld hőfokát; így azt találjuk, hogy a forgási eleven erő okozta hőfokemelkedés csak 500° lenne, a haladó mozgás eleven ereje pedig 100,000°-kal emelné a Föld hőfokát.

A Föld, mint minden test, mely melegebb a környezeténél, fokozatosan hül; Földünknek ez a hülése azonban rossz melegvezető szilárd kérge miatt igen lassan megy végbe. Bizonyára kelleténél nagyobbnak vesszük a kihülést, ha a Föld felületének négyzetméternyi darabjára a melegveszteséget naponként 1 kaloriára tesszük, így az egész Földnek egy évi melegvesztesége 70 trillió kgm, a mi aránylag olyan csekély, hogy a Föld összes hőenergiája csak 14,000 millió év alatt merülne ki.

4. *A sugárzó energia.* A Nap melege kétségkivül több milliószor akkora, mint a Földé, mert a Nap tömege körülbelül 330,000-szer akkora mint a Föld tömege, és a Nap hőfoka is sokkalta nagyobb a Földnél. A Nap hőenergiájának kiszámítása épen úgy lehetetlen, mint a Földé, mert nem ismerjük sem az átlagos hőfokát, sem az átlagos hőfoghatóságát. Mert hogyan lehessen szó pontos számról, mikor a Nap hőfokát némelyek csak 1500°-ra, mások azonban több millió fokra teszik. Itt is tehát be kell érni csak nagyon önkényes becsléssel. Ha feltesszük, hogy a Nap középhőfoka 20,000° C. és hőfoghatósága $^1/_{10}$, akkor 1 sextillió kgm-nak adódik ki a Nap hőenergiája.

Minthogy a Napot nem védi szilárd kéreg, mint a Földet, a hőkisugárzása is sokkal nagyobb, mint a Földé. Erről fogalmat alkothatunk magunknak, ha meg-

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

mérjük azt a melegmennyiséget, mely a Naptól a Földre érkezik. Langley szerint a földfelület négyzetméternyi darabjára perczenként legalább is 30 kaloria melegmennyiség érkeznék, ha ennek felét nem nyelné el a légkör; ezen az alapon számítva, az egész Földre egy nap alatt 5 trillió kaloria, vagyis körülbelül 2000 trillió kgm hő jut el a Naptól sugárzás révén. Ez az energiamennyiség több mint 800 évig el tudná hajtani a Föld összes gépeit, vagyis ha minden nap csak $^1/_3$ mp. ideig meg tudnók fogni a Naptól a Földre érkező hőt, és ezt értékesíteni tudnók, ez untig elegendő lenne, hogy összes gépeinket egy napon át működtesse. A Nap sugárzó energiájának köszönhetjük a Földön az életet, nélküle a Föld felülete jéghideg volna, a tengerek fenékig be volnának fagyva; a Nap energiája idézi elő légkörünk és a tenger hullámait; a Nap energiája halmozódott fel számlálatlan ezredévek előtt a kőszénben, és végre minden növény és állat életenergiája sem más, mint a Nap sugárzó energiájának átváltozott alakja.

Ámde a Föld csak igen kis részét használja fel a szakadatlanul ráhulló bő energia-ajándéknak, mert ezt legnagyobb részben elveszti visszasugárzás révén.

Könnyen belátható azonban, hogy Földünk csak elenyészően kicsiny részét foghatja fel a Naptól minden irányban kibocsátott energiának; mert hiszen, ha a Nap körül mint középpont körül a Földtől való távolsággal (20 millió mérföld) mint sugárral gömböt gondolunk leirva, ennek minden egyenlő felületdarabjának ugyanannyi sugárzó energiát kell kapnia. Igy azt találjuk, hogy Földünkre csupán két ezer milliomod része esik a Naptól kisugárzott összes energiának, a mely naponként 4 quintillió kgm. Naponként 1 quadrillió kg kőszenet kellene elégetni, ha ezt a meleget mesterségesen akarnók előállítani; ha Földünk csupa kőszénből állana, ennek teljes elégetése csak 5 napon át tudná ezt a meleget szolgáltatni; vagy, ha a Nap körül 1 m vastag jégburkot képzelünk, ezt a Nap sugárzása 5 mp. alatt megolvasztaná.

Önként feltolul itt az a kérdés, hogy miképen birja ki a Nap ezt a beláthatatlan idők óta szakadatlanul folytatott energiapazarlást. Bármily magasnak vegyük ugyanis fel a Nap hőfokát és hőfoghatóságát, a számítás azt bizonyítja, hogy az óriási hőkisugárzás miatt a Nap hőfokának évenként 2° C.-szal kellene csökkenni és így ezer év alatt a lehülés már 2000° C.-t tenne, a mi, ha igaz volna, a Napnak már régesrégen épúgy szilárd kéreggel kellett volna bevonódnia, mint a Földnek. Ez azonban nem következett be. Ebből szükségképen következik, hogy a Napnak melegén kivül kell lenni egy másik hatalmas energiaforrásának is, a melyből a kisugárzás veszteségeit pótolni birja. A főkérdés természetesen az, hogy mi hát ez az energiaforrás. Erre két theoria is igyekszik megadni a választ; az egyik Mayer-é, a másik meg Helmholtz-é. Mayer magyarázata szerint a Napba kozmikus testek, meteorok hullanak és ezeknek eleven ereje változik át hővé. Közelebbi vizsgálat azonban azt bizonyítja, hogy ezen az úton csak igen kis részét lehet pótolni a sugárzásbeli veszteségnek. Meteorok a Földre a megfigyelés valamint az elmélet szerint másodperczenkénti hat mértföld sebességgel esnek, a Napon sokkal nagyobbnak kell lenni ennek a leérkezési sebességnek. Tegyük fel, hogy legyen 100 mérföld, vagy, kerekszámban 700,000 méter. Így 1 kg anyag a Napra való leesésekor 25,000 millió kgm = 60 millió kaloria energiával rendelkezik; de mivel a Napnak sugárzás útján való hőveszteségé minden 24 órában 10,000 quadrillió kal., azért ennek pótlására minden áldott Nap 167 trillió kg kozmikus anyagnak

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

kellene a Napba hullani. Ez ugyan magában véve óriási tömeg, de azért mégis igen kicsiny á Napéhoz képest. Mivel a Föld tömege 5·5 quadrillió kg vagyis 30 ezerszerese a Nap feltételezett 24 óránkénti tömeggyarapodásának, azért a Nap 100 év alatt a Föld tömegével egyenlő tömegű anyaggal gyarapodnék; ez azonban maga után vonná, hogy a Földnek a Nap körüli keringés-ideje, vagyis egy év körülbelül 50 mp.-czel rövidülne. Ez a következtetés pedig a valósággal homlokegyenest ellenkezik.

De van még egy másik nyomós bizonyíték is a Mayer-féle magyarázat tarthatatlanságára. A kozmikus anyagok minden irányból egyenletesen esnek a Napra, a Földnek tehát ugyanazon hányadot kellene felfogni a kozmikus anyagokból, mint a melyet tényleg felfog a Nap összes kisugárzásából, tehát körülbelül egy 2000 milliomodrészt; de mivel a Föld maga részéről is vonzza az égi utasokat és így sokat lehúz belőlük magához, bátran vehetjük az előbbi hányad kétszeresét; így azonban azt kapjuk, hogy a Földre naponként legalább is 150,000 millió, vagyis a földfelület minden négyzetkilométernyi darabjára 300 kg kozmikus anyagnak kellene hullani, a mi szembeszökőleg túlságos sok, hiszen az örök jég és hó hazájában csak egészen elvétve lehet kozmikus eredetű port találni.

Lássuk most a másik, a Helmholtz-féle elméletet. A Nap nem csupán a bolygókat, üstökösöket, meteorokat vonzza, hanem vonzza saját magát is, a mit úgy kell érteni, hogy a Napnak minden egyes részecskéje vonzólag hat minden más részecskéjére; ezeknek a vonzó erőknek is van potencziáljuk, és ez a Napnak önönmagára vonatkoztatott potencziálja. E vonzások következtében a Napnak megvan a törekvése, hogy mindjobban és jobban összehúzódjék, ámde ennek ellenáll a szerfölött fölhevített tömeg nyomása, úgy hogy csak abban a mértékben lehetséges az összehúzódás, a melyben melegéből veszít kisugárzás útján. Ámde az összehúzódás alatt a Nap munkát végez, potencziális energiája kisebbedik, és ennek vesztesége változik át előbb eleven erővé, majd hővé, a mely azután újra kisugározható. Helmholtz ki is számította a Nap évenkénti összehúzódását, a mely szükséges a sugárzási energiaveszteség fedezésére. A Napon a nehézség tudvalevőleg 27-szer nagyobb, mint a Földön, úgy hogy 1 kg tömeg ott 1 m-nyi esése alatt 27 kgm munkát végez. Tegyük fel, hogy a Nap átmérőjének tízezredrészével húzódjék össze, ekkor a felület minden egyes kg tömege kerekszámban 70,000 m-t esik, és így 1960000 kgm munkát végez. Ha a Nap homogén, vagyis mindenhol egyenlő sűrű volna, 1 kg tömeg a belsejében kevesebb munkát fog végezni összehúzódás közben, mint a felületen, mert belül mind a vonzó erő, mind a befutott út kisebb. A mathematikai elmélet igazolja, hogy az átlagos munka a felületen lévő tömeg munkájának $^3/_5$-e, vagyis esetünkben 1200000 kgm; ha ezt a számot megszorozzuk a Nap egész tömegével, vagyis 1·8 quintillió kg-al, úgy 2 sextillió kgm-t kapunk. Ez azonban csupán egy alsó határ, mert hiszen a Nap nem homogén, hanem a középpontja felé nő a sűrűség, ámde így az összehúzódás munkája is nagyobb lesz. Maradjunk azonban csak a 2 sextilliónál. Láttuk azonban már, hogy a Nap 24 óránként 4 quintillió kgm energiát veszít el a hőkisugárzás miatt; tehát a Nap átmérőjének $^1/_{10000}$ részével való összehúzódásában annyi energiát fejleszt, a mennyivel a hőkisugárzás szükségletét 500,000 nap, vagyis 1400 éven át el birja látni.

Már a mondottak is valószinűvé teszik, hogy a Helmholtz-féle elmélet felel

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

meg a valóságnak. Ez elmélet szerint még az is lehetséges, hogy a Nap nagy pazarlása ellenére még melegebbé is válik, mert hiszen ehhez csak az szükséges, hogy az összehúzódás 1400 év alatt többre rúgjon, mint az átmérő egy tízezred része.

Így biztosak lehetünk abban, hogy még millió évek mulva is gyengítetlenül fogja a Nap a Földre küldeni életadó sugarait; a Nap átlagos sűrűsége ugyanis igen kicsiny, mindössze 1·4, ámde nincs kizárva, hogy majdan a Nap sűrűsége kétszer akkora lesz, mint most a Földé, a mi akkor következnék be, ha a Nap mostani átmérőjének felére zsugorodik össze, de az így nyert energia 14 millió évig birja pótolni a sugárzási veszteségeket. Ha tehát belátható időkig nem is kell attól tartanunk, hogy »elhidegül« irányunkban a Nap, mégis csak ez lesz a vége. Mert egyszer be kell következni annak, hogy az erősen összenyomott anyag oly nagy ellenállást fejt ki a további összehúzódás ellenében, hogy a kapott energia kisebb a sugárzásbeli veszteségnél; ekkor hozzá kell nyúlni a Napnak saját meleg-tőkéjéhez, és ez a tőke napról napra, évről évre apadni fog: megkezdődik és feltartózhatatlanul halad előre a Nap kihülése, és végre is be fog vonódni szilárd kéreggel, a mi Földünknek az örök jég uralmát, a halált jelenti.

De nemcsak a jövőbe, hanem a multba is enged pillantást Helmholtz elmélete. A Nap sűrűsödése az évmilliók hosszú sora óta van már folyamatban, úgy hogy valamikor hajdanában a Nap sokkal nagyobb kiterjedésű volt, mint ma, elért a legszélső bolygóig a Neptunig, magában foglalta az összes bolygókat, és az egész mai naprendszerünk egy összefüggő egységes ködtenger volt, a mely az idők folyamán összehúzódott, megsűrűsödött és a melyből kiszakadtak az egyes bolygók. Így tehát a Helmholtz-elmélet ugyanarra a következtetésre jut naprendszerünk őskorát illetőleg, mint a Kant-Laplace-féle ködhipothézis.

Szóljunk most még pár szót ennek a »világköd«-nek energiájáról. A potenciális energia óriási nagy volt, az összehúzódás folyamán felszabadult energia átalakult részint a kiváló bolygók mozgási energiájává, részint hővé, de legnagyobb részben kisugárzódott a világtérbe, és így naprendszerünk számára örökre elveszett. Az összehúzódás felszabadította energiát ki is tudjuk számítani. A mathematikai elmélet szerint ugyanis, ha egy igen nagy kiterjedésű test aránylag kicsiny gömbbé húzódik össze, mint a világködből lett Nap, annyi munka végeztetik, mintha a gömb az átmérő felére húzódnék össze. Ez utóbbi munka azonban a Nap esetében legalább is 20,000 sextillió kgm = 50 sextillió kaloria; ennek legnagyobb része elveszett kisugárzás útján, mert ha benn lenne még a Napban mint hőenergia, a Nap hőfokának 28 millió C.°-nak kellene lenni, a mi pedig kizártnak tekinthető. Mi történik azonban azzal az energiával, a melyet a mi Napunk, és épen úgy a mindenség többi millió napja, kisugároz a világtérbe? Erre más feleletet nem adhatunk, mint hogy gyarapítja a világtért betöltő éter rezgési energiáját.

Végigtekintvén naprendszerünk és főleg Földünk energiakészletén, térjünk át annak a kérdésnek tárgyalására, hogy mi történik, ha majd a kőszén elfogy? Kétségtelen bizonyosság, hogy valamikor el fog fogyni. Világos, hogy ekkor csakis két eshetőség lehetséges: vagy új hatalmas energiaforrást hódít meg az emberi elme, a mely örökébe lép a kihalt kőszénnek, és ekkor változatlanul halad előre diadalútjában a közlekedés és ipar; vagy pedig nem tudják semmivel se pótolni utódaink a kőszenet, és ekkor vissza-

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

sülyed az emberiség abba a korba, mikor majdan kizárólagosan csupán emberi és állati erőre volt szorulva.

Reméljük utódaink érdekében, hogy az első eset fog bekövetkezni, és lássuk, hogy mai tudásunk szerint minő kilátások vannak az egész emberi művelődést annyira érdeklő nagy probléma megoldására.

Az előbbiekben felsorolt és behatóan megvizsgált energiafajok valamelyikét kell az emberi nemnek hatalmába keríteni. A Föld mozgási energiájának igen csekély törtrésze elegendő lenne, mint láttuk, a Föld összes gépeinek működtetésére. Ma azonban el sem tudjuk képzelni, hogy miképen lehessen ezt az energiát hasznunkra fordítani. Hiszen mi valamennyien, és minden kezünk ügyébe eső tárgy, egyaránt részesei vagyunk a Föld mozgásának, és úgy nem állíthatunk fel semmi akadályt, a melynek a Föld mozgása egy részét átadja, mint ezt tehetjük a szél- és vízművekkel. Mindössze egy jelenség van a Föld mozgása és a Hold meg a Nap vonzásától előidézettek közt, a melynek kihasználása lehetséges: és ez az árapály vagyis dagály és apály időszakos váltakozása. Hogy ezt felhasználhatjuk gépek hajtására, az kétségtelen, mert hiszen mindössze csak arról kell gondoskodni, hogy a tengerparton töltésekkel elzárt hatalmas reservoirt létesítsünk, a melybe dagály idején a víz betódul zsilipeken, a melyek az apály idején való visszahúzódást meggátolják. Az így összegyüjtött víztömeg azonban magas helyzeténél fogva energiával rendelkezik, úgy hogy malomkerekeket vagy más mótorokat hajthatunk vele. Az árapálynak mint energiaforrásnak ipari felhasználása tényleg már meg van valósítva Francziaországban a Côtes du Nord département-ben fekvő *Ploumanach*-kikötőben, a hol a reservoirban a dagály idején összegyüjtött víz az apály alatt vízkereket hajt, a mely meg egy jéggépet működtet, és így naponkénti nyolcz órai munkaidő alatt 450 kg jeget állítanak elő. Tervben van egy dinamogép felállítása is az elektromos világítás czéljaira. Minden esetre nagy jövővel biztathat ez az első kisérlet, de azért be kell várni előbb a nagyobb méretű kisérletek eredményeit, mert kérdéses, hogy az árapálynak nagyban való kihasználása nem fogja-e megváltoztatni magát az árapály-jelenséget.

Hogy miképen lehetne hasznot húzni a Föld potencziális energiájából, arról most még semmit sem tudunk.

A mi a Föld hőenergiáját illeti, képzelhető, hogy ezt is szolgálatába hajtja az emberi művelődés zsarnoksága, a mennyiben izzó tömegeket hozhat a Földnek ma még rejtelmes mélyéből a felszinre és ezeket emberi czélokra értékesítheti. Ez azonban a közel jövőben még nem igen lesz megvalósítható.

Hátra marad végre a rendelkezésünkre álló leghatalmasabb energiaforrás, a Nap kisugárzása. Ezt felhasználhatjuk vagy közvetetlenül, vagy pedig közvetve a tőle táplált szél- és vízenergia kiaknázásával. A mi először is az utóbbiakat illeti, ezek még kétségkivül sok hasznot fognak hajtani az emberiségnek; hiszen annak a számlálatlan sok lóerőnek, mely a szél fúvásában, a tenger hullámcsapásaiban, a folyók és patakok tovarohanásában, és a hatalmas vízesések lezuhanásában van elrejtve, mily elenyészően csekély része van eddig kihasználva! Okosabb gazdálkodás bizonyára még sok millió lóerőhöz juttathatja az emberiséget. Lássunk itt is egy kis számítást. Mivel Földünk minden négyzetczentiméternyi felületdarabjára tudvalévőleg valamivel több mint 1 kg légnyomás nehezedik, azért a Földünket körülövező légkör súlya kerekszámban öt trillió kg; ha átlagos szélsebességül másodperczen-

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

kénti öt métert veszünk, a mozgó levegő eleven ereje hat trillió kgm-nek, tehát az emberi gépek napi szükséglete ezerszeresének adódik ki. Világos, hogy a szélenergia ezredrészét bátran elvehetjük a természet háztartásának megzavarása nélkül, mert hiszen a szél energiájának veszteségét napról napra pótolja a Nap kisugárzása. A milyen könnyű lenne tehát e számítás alapján a szelet befogni összes gépeinkbe hajtóerőül, ép olyan nehéz a praktikus megvalósítás. Ha meggondoljuk, hogy a légkörnek csak legalsó rétegeit lehetne értékesíteni, be kell látnunk, hogy ezen az úton nem tudjuk előteremteni azt az energiamennyiséget, a mire szükségünk van.

Ugyanilyen eredményre jutunk, ha a vizi energiát vesszük számításba. Ha az óczeánba siető összes vízmennyiséget egyenletesen elosztanók a szárazföldeken, nem igen kapnánk 1 dm-nél nagyobb mélységű vízréteget, ha ennek átlagos sebességeül egy métert veszünk, és feltesszük, hogy a Földön a szárazföldek 1/5-ét teszik ki az egész felületnek, úgy 500 billió kgm-t kapunk a Föld folyó vizeinek kinetikai energiája számára. De mivel ez sokkal lassabban újul meg, mint a levegő energiája, azért naponként huszadrészénél, vagyis 25 billió kgm-nél bajosan vehetnénk el többet, a mi azonban csakis 4—5 millió lóerőt nyujt, tehát sokkal kevesebbet, mint a mekkora az emberi gépek lóerőszükséglete. Itt nem vettük ugyan számításba a tenger hullámainak energiáját, de ennek értékesítése nagyon is nagy nehézségekbe ütköznék. Természetesen azért könnyen lehetséges, hogy egyes kedvező viszonyok közt lévő országok vagy vidékek összes energiaszükséglete vízerővel fedezhető; elég itt utalnunk a Niagara környékére, vagy Island szigetére.

Legutoljára hagytuk a leghatalmasabb energiaforrásnak, a Nap hősugárzásának közvetetlen felhasználását. Láttuk már, hogy bőségesen elegendő lenne csak 1/3 mp-ig felfogni a Földre a Naptól leérkező hőt, hogy ezzel egész napon át táplálhassuk a Föld összes gépeit. Kicsiben állítottak is már elő olyan gépecskéket, melyeket a Nap energiája hajt, de nagyon kérdéses, hogy ez nagyban is lehetséges lesz-e. Annyi bizonyos, hogy a legideálisabb megoldása a feladatnak az lenne, ha a Nap energiáját akkumulátorokba össze tudnók gyüjteni, és ezekből tetszőleges mennyiséget czéljainkra fordítani. És ehhez nem is kellene más, mint egyszerűen követni a növények példáját, mert valójában minden egyes növény egy-egy akkumulátora a napsugár energiájának. A napsugár hatására bontja fel a növény a levegő szénsavát szénre, a melyet szervezete felépítésére használ fel, és oxigénre, melyet kilehel; a növényi szénben így megkötött sugárzó energia szabadul fel mind az elégéskor, mind pedig, a mikor embernek-állatnak táplálékul szolgál.

De bármit is hozzon a jövendő, nincs okunk kétségbe esni az emberiség sorsán. Ha a multban annyi diadalt aratott az emberi szellem, mikor pedig csakis az előrehaladás vágya és az igazság kutatása sarkalta: ki tudná megmondani, hogy mire lesz képes a jövőben, mikor az emberi művelődés léte vagy megsemmisülése forog majd koczkán.

IFJ. SZILY KÁLMÁN.

This work is licensed under a Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Creative Commons

Creative Commons License Deed

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

Ez a Legal Code (Jogi változat, vagyis a teljes licenc) szövegének közérthető nyelven megfogalmazott kivonata.
Figyelmeztetés

A következőket teheted a művel:

szabadon másolhatod, terjesztheted, bemutathatod és előadhatod a művet

származékos műveket (feldolgozásokat) hozhatsz létre

kereskedelmi célra is felhasználhatod a művet

Az alábbi feltételekkel:

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

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

Az alábbiak figyelembevételével:

Elengedés — A szerzői jogok tulajdonosának engedélyével bármelyik fenti feltételtől eltérhetsz.

Közkincs — Where the work or any of its elements is in the public domain under applicable law, that status is in no way affected by the license.

Más jogok — A következő jogokat a licenc semmiben nem befolyásolja:
- Your fair dealing or fair use rights, or other applicable copyright exceptions and limitations;
- A szerző személyhez fűződő jogai
- Más személyeknek a művet vagy a mű használatát érintő jogai, mint például a személyiségi jogok vagy az adatvédelmi jogok.

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