

A FÖLD BELSEJÉNEK ALKATA.

DAVID FORBES ELŐADÁSA.

(Tartatott a londoni *Sunday Lecture Society*-ben.)

Vajjon milyen lehet földünk belseje? milyen azon tömeg, mely messze alattunk mindinkább a központ felé esik? Legtöbben a külsőből kiindulva hihetőleg abban fognak megállapodni, hogy bolygónk belül is szilárd és csak oly kemény kőzetből való, melyenből hegyeinek zöme, szárazföldei talaja s a tengereit rejtő sziklamedenczék alkotvák. Nézetöket azonban erősen megingatná valamely kitörő vulkán látványa vagy akár a legelső földrengés is, melyet személyesen tapasztalnának. Mert az ily tünemények tanulmányozása igen is komoly kételyeket képes bennünk feltámasztani az iránt: vajjon a föld elvégre is oly szilárd és állandó-e, a milyennek azt első pillanatra hajlandók volnánk képzelni?

Azonban igen csekély behatolás szükséges tárgyunkba arra nézve, hogy bárki is meggyőződjék azon nehézségekről, melyek az ember útjába gördülnek, míg e kérdésre kielégítő feleletet nyerhet, s hogy ki-ki beláthassa, miképp jelenleg nem állnak rendelkezésünkre kellő adatok s bizonyítékok, melyek bennünket ezen fölötté érdekes rejtvény gyökeres, döntő megoldására képesítenének. De minthogy a természettudományok rohanó haladásai mégis napról napra szolgáltatnak valamit e tárgy megismeréséhez s így képesekké tesznek előbbi következtetéseinket vagy kiigazítani vagy módosítani olyképpen, hogy gömbünk azon részeiről, melyek helyzetüknél fogva közvetlen kutatásunkra örökké megközelíthetlenek maradnak, mindinkább hiteles véleményt szerezhetünk magunknak, tehát azon véleményben voltam, hogy a föld belsejének valószínű alkotására vonatkozó jelenlegi ismereteink vázlata nem lesz érdektelen.

Kérdésünk meghányásánál lássuk először is, mi történt eddigelé a föld mélyen fekvő anyagának megvizsgálása tárgyában közvetlen módon. Ha ugyan fontolóra vesszük, hogy bolygónk átmérője közép-számítással vagy 1719 geogr. mértföld, míg az ember közvetlen kutatásai által elért legnagyobb mélység a föld színétől befelé még csak *egy negyed* mértföldet sem halad meg, akkor ezen aránytalanság oly roppantnak tűnik tel, hogy akárki beláthatja, miszerint földünknek mindinkább a központ felé eső részeit vizsgálva főleg oly adatokra kell támaszkodnunk, melyeket a természettudományok segítségével hívása által nyerünk. Mindazonáltal a föld külsejének közvetlen tanulmányozása is, daczára annak, hogy csak az említett oly igen csekély mélységre szorítkozik, sok fontos adatot szolgáltat, melyeket

egyéb idevágókkal egyetemben, hogy kérdésünket minél jobban megvilágosíthassuk, most figyelembe fogunk venni.

Mindenek előtt meg kell említenünk, hogy általános tudomás szerint mind azon sziklák, melyekkel a föld felszínén találkozunk s melyek gömbünk szilárd külsejének oly nagy részét alkotják, két főcsoport alá sorozhatók, nevezetesen: a vulkáni vagy endogenikus, azaz a föld belsejében képződött, és a leülepedett vagy exogenikus sziklák alá, mely utóbbiak a föld felszínén támadtak, vagy helyesebben mondva újra alakultak, ide nem számítva azonban oly sziklákat, melyeket a víz mechanikus működése medenczék- vagy rétegekke idomított át.

A geológok régóta bizonyosnak vették, hogy a legelső üledékes rétegek eredeti vagy többé-kevésbé módosított helyzetükben közvetlenül grániton nyugosznak, s ezt sok ideig azon alapnak tekintették, melyre a többi rétegek első alkalommal lerakódtak. Ennélfogva ezen kőzetet valamennyi közt legrégibbnek tartották s benne a föld felszínének őskori, eredeti burkolatát vélték felismerhetni. Későbbi kutatások azonban ezen nézetet tarthatatlannak bizonyították, különösen midőn kitűnt, hogy a természetben nem fordul elő a gránitnak semmiféle faja, mely, ha mindvégig figyelemmel kísérvük, egyik-másik helyen át ne törné vagy többé-kevésbé meg ne zavarná a vele közvetlenül érintkező sziklarétegeket. Miből természetesen az következik, hogy oly helyeken ezen réteges kőzeteknek előbb kellett létezniök, vagy más szóval, hogy a geológiai időrendben régiebbek a gránitnál, mely őket háborgatni jött. De a geológia jelen állapotában éppenséggel lehetetlen valamely sziklafajt olyanúl megjelölnünk, melyre mint alapra a legrégibb üledékes sziklák lerakódtak, miután a legrégibb kőzetek, melyeket jelenleg ismerünk s melyek a Szt. Lőrincz-lánczolathoz tartoznak Kanadában, maguk is (nagyobbára megváltozott helyzetben levő) üledékes sziklák, és még maig sem tudjuk, min nyugosznak, vagy más szóval: mi van alattuk.

Minthogy tehát eddigelé senki sem volt képes közvetlenül oly sziklákig nyomulni, melyek a Szt.-Lőrincz-képződményhez tartozóknál geológiai rendben lejjebb fekszenek, s így tárgyunkra vonatkozólag semmi feljegyezni valónk nem akad, forduljunk már most a vulkánokhoz s vizsgáljuk meg azon ásványi termékeket, melyeket észleleteink körébe oly roppant mélységekből felhoznak, hogy azokat valaha elérnünk teljes lehetetlenség.

Mire a tűzhányók földünk belsejét illetőleg tanítanak, legalább oly mélységre vonatkozólag, melyből ásványanyaguk készletét veszik, az a következőkben foglalható össze: Először is a föld anyaga

ezen mélységben tökéletesen olvadt folyékony állapotában van s megolvadt sziklákból alakult tengert tüntet elő, mely jellemére hasonló azon kiömlő kőzetekhez, melyek a föld kérgét régi időkben törték keresztül. Másodszor a vulkánok által kihányt ásványi termékek, mind vegyi mind ásványi alkotásukat tekintve, igen hasonlítanak egymáshoz, még ha a földgömb bármely részén ömöltek is ki. És végre ugyanazon egy vulkáni hegyképződésben s ugyanazon kitörés tartama alatt két egészen különböző minőségű lávafaj áradhat ki, nevezetesen a könnyű, savas vagy trachyt-láva, mely hasonlatos a legrégebb időszakból való granitokhoz, felzitekhez stb., és a nehéz, bázikus természetű vagy pyroxén-láva, azonos a sötét bazalt- vagy lépcsős-(Trapp-)sziklával, melyek közönségesen mint gátak stb. találkoznak, megzavarva a legtöbb üledékes képződményeket.

A vulkáni tűnemények tanulmányozásából vont azon következtetés, mely szerint a tűzhányók felszínük alatt bizonyos mélységben egy olvadt lávából alakult szakadatlan tengerrel vannak összeköttetésben, azon befolyásra van alapítva, melyet a hold, többszöri megfigyelések szerint, a vulkáni kitörésekre gyakorol. Ezen véleményyt végleg megszilárdítani látszanak Palmieri tanárnak azon észleletei, miket a Vezuv legutóbbi kitörése alkalmával tett. Ez alkalommal Palmieri azt írta, hogy félreismerhetlenül apályi s dagályi tűneményeket lehetett észrevenni; a hold vonzereje ugyanis az olvadt láva középterületén épp oly módon idézett elő áramlatokat mint az oceánon. Ezen nézet további megerősítésre talált a századunk első felében előfordult s a 7000-et is meghaladó földrengések leírásai által, melyeket Perry vetett egybe s a melyek szerinte azt mutatják, hogy a földrengések sokkal gyakoribbak a hold együttvagy szembenállása alkalmával mint egyébkor; sokkal inkább fordulnak elő, midőn a hold földünk közelében tartózkodik, mint ha tőle távol van, valamint sokkal gyakrabban tapasztalhatók oly időben, mikor a délelőn átvonul.

Visszatérve most a föld felső részeire, sokkal közvetlenebb vizsgálatára, azt találjuk, hogy az aknázási munkálatok is jelentékeny világosságot vetettek a mélységben rejlő szikláknak nem csak ásványi, hanem némely physikai tulajdonságukra is. Számos kísérlet, melyeket mély bányákban, a föld különböző részein, nem ritkán egymástól nagyon távol eső helyeken tettek, mondhatni határozottan azt tanúsították, hogy a föld hőmérséklete, legalább fölülete alatt oly mélységben, melyet emberek elérhettek, egyenes arányban növekszik a szerint, a mint lejjebb szállunk a központ felé. Más észleletek, melyeket mélyen fekvő és meleg források vagy artézi kútból nyert vizek hőmérsékletén tapasztaltak, teljesen megerősítik

a bányákban tett föntebbi kísérleteket s azt tanusítják, hogy a víz hőmérséklete szintén azon arányban emelkedik, a mily mélyen fekszik az illető forrás.

Könnyen megérthető dolog, hogy különböző helyi okok közbejötté igen jelentékenyen megnehezíti középszámítással meghatározhatnunk a hőmérséklet emelkedését földünk anyagában lefelé. Az észlelők azonban valamennyien egyértelműleg minden száz lábnyi mélység után körülbelül 0.85° és 1.5°C . közé teszik s így nem sokat hibázhatunk, ha czélunknak megfelelőleg azt ugyanoly távolság után 1.2°C -ra helyezük, vagyis oly arányt veszünk, mely szerint minden a föld középpontjához közelebb eső geogr. mértföldre kerek számban 270° jut. Ezen arány tulajdonképp csakis azon mélységre vonatkozólag áll, melyet az emberek eddik közvetlenül elértek s megvizsgálhattak, de miután egész mostanig nem merült föl semmi oly tény, mely bármi tekintetben is meg birná dönteni azon föltevést miszerint még nagyobb, számunkra hozzáférhetlen mélységekben is a föntebbi vagy valamely hozzá hasonló arány létezik a hőmérsék növekedését illetőleg, tehát tökéletesen helyes és igazolható, ha feltevésünkhöz ragaszkodva, felvett arányunkat az ember által elérhetetlen mélységekre is alkalmazzuk. Ebből kiindulva egyszerű számítás megfejt, hogy 6 mértföldnyi távolságban a felszíntől lefelé körülbelől 1600°C . hőmérséklet létezik, mi oly nagy hőséget képvisel, melyben megolvad a vas, vagy a mely elegendő arra, hogy — legalább a föld felületén — a lávát tökéletesen olvadt állapotban tartsa. Mivel azonban tekintetbe kell vennünk, hogy a föld anyaga ily nagy mélységben a felette fekvő roppant tömeg nyomásának van alávetve, s kísérletileg ki van mutatva, hogy legtöbb anyag sokkal nagyobb ellenhatást bir kifejtetni — azaz nagyobb fokú melegséget igényel az elolvadásra — ha nyomásnak van kitéve mint különben; a föntebbi számadást lényegesen módosítanunk kell, hogy ezen új feltételeknek is megfeleljen. Szerencsétlenségünkre még nem rendelkezünk elegendő adattal azon arány igazi megítélésére, melyben a nyomás a hatásának alávetett sziklák olvadási pontjait felebb emeli; annyit azonban mégis biztosan állíthatunk (még ha jóval többet is megengedünk a Bunsen és Hopkins kísérleteiből eredő növekedési maximumnál), hogy nem szükséges fölötte mélyen leereszkednünk, miképp oly hőmérsékletet találjunk, mely teljesen elegendő ily anyagoknak olvadt állapotban tartására; vagy más szóval: a mondottak annak elfogadására kényszerítenek, hogy a földnek szilárd sziklakérge vastagságban a legmagasabb számítással sem lehet több 12 mértföldnél.

Ha már most a föntebbi adatokból kiindulva okoskodunk, ter-

mészetes eredményképpen az következik, hogy földünk valósággal olvadt anyagból alakult gömb, oly külső héj vagy kéreg által körülvéve, melynek vastagsága igen jelentéktelennek tűnik föl, ha magával a belső gömb átmérőjével hasonlítjuk össze. Ez tehát a dolgok oly állapotát helyezi elénk, a milyen akármely más, hasonló olvadt anyagból álló gömbnél is bekövetkeznék, a mint az a levegőnek lehűtő hatása alatt külszínén mindinkább megszilárdulna. De magát a földnek gömb alakját is, mely mint tudjuk a sarkoknál kissé behorpadt, az egyenlítőnél pedig kiduzzadt s így egészen hasonló azon alakhoz, melyet a tengelye körül forgatott ruganyos anyag felvesz, a természetbuvárok általában meggyőző bizonyítékul veszik arra, hogy a föld, történetének egy régi időszakában, folyós állapotban volt.

Noha ezen tételt, mely a földet vékony szilárd kéreggel burkolt, olvadt gömbnek állítja, a geológok általánosan tanították, az utóbbi években mégis számos érvek merültek föl, melyek inkább az ellenkezőnek, inkább azon állításnak látszanak kedvezni, mely szerint a föld mindvégig szilárd vagy legalább közel szilárd anyagból áll. És ezen érvek teljes mértékben érdemesek figyelmünkre, mint-hogy feladatunk nem az, hogy valamely párthoz szítva annak elméletét védjük, hanem az, hogy minél közelebb juthassunk az igazsághoz. S azért először is felemlíték mindent, a mi a régibb elmélet ellenében napfényre került, s azután megvizsgáljuk, vajjon valamely más, eddigelé felállított magyarázat nagyobb összhangzásban van-e a kérdéses tényekkel?

Mindenek előtt azon kérdésre kell megfelelnünk: vajjon ily vékony kéregnek lehetséges-e tömör állapotban maradnia, mikor alatta oly roppant folyékony anyagú tömeg van, mely azonnal fölolvaszthatja s mindörökre elnyelheti? Ez kétségkívül bekövetkeznék, ha a központi olvadt tömeg valahogy képes volna megtartani ama magas hőmérsékletét, melylyel tényleg birt akkor, midőn eredetileg tüzes gömbbé alakult. A valóság azonban ellenkezőt bizonyít. Nem kezdődik ugyanis és nem is kezdődhetik semminemű kéregképződés a felszínen addig, míg a gömb maga odáig nem jutott, hogy felületéről jóval több meleget bocsát ki az őt borító légkörbe, mint a mennyit pótolni képes a központhoz közelebb eső részeiből a végre, hogy az egészet tökéletesen folyékony állapotban tarthassa. Ha tehát valamely gömb felszínén már egyszer kéreg képződött, legyen az bár mily vékony, akkor az alatta fekvő folyékony anyag azt ismét föl nem olvaszthatja, többé el nem nyelheti. E helyett inkább az történik, hogy a megszilárdulás folyama egyre a központ felé halad s meg sem állapodik mindaddig, mígnem a kéreg oly vastagságot

ér el, melynek következtében képessé válik elzárni, vagy (rosz melegvezető létere) semlegesíteni mind a körlég lehűtő hatását, mind pedig a belső olvadt anyag hevének további kisugárzását. Ekkor aztán e két működés, a melegvezetés és hősugárzás, úgy egyensúlyozza egymást, hogy a gömbnek további kihülését lefelé egészen elzárja. Ezen állapot uralkotlik jelenleg földünkön, mivel fölülete mostanában, a központi tömegből nem kapván vagy éppenséggel semmi vagy csak igen parányi mennyiségű meleget, hőmérsékletét illetőleg teljesen azon melegségtől látszik függeni, melyet a nap sugaraitól nyer.

Már most azon érvet kell szemügyre vennünk, mely így ítél: ha a föld külseje valóban oly vékony burok vagy kéreg volna, mint a tojás héja, melyhez igen gyakran hasonlították, akkor az ily vastagság lehetetlen, hogy elég legyen neki azon szilárdságot kölcsönözni, a melylyel tényleg bír, mert hát miképp bírhatná el akkor oly hegységek borzasztó súlyát, milyenek például Ázsiában a Himalaya vagy az Ande-k Amerikában, melyek felszíne középmagasságánál jóval feljebb tornyosuló sziklatömegekből állnak.

Efféle okoskodás első pillnatra nem csak elfogadhatónak tünik föl, hanem az egész elméletet is megdöntéssel fenyegetni látszik. Azonban igen kevés józan megfontolás szükséges annak belátására, miszerint úgy szólván több benne a hatásosság, mint a tényekre fektetett alaposság; mert ha csak megközelítő fogalmat is tudunk magunknak képezni azon arányról, mely a legmagasabb hegyek és maga a földgömb között létezik, az eléggé meggyőz bennünket arról, hogy ily kéreg, ha már egyszer önmagát fönbirja tartani, könnyű szerrel megbirhatja ezen hegyek súlyát is. A nagy Himalaya-hegyláncz legnagyobb magassága 30,750 bécsi láb, vagyis közel $1\frac{1}{3}$ geogr. mértföld a tenger színe fölött, és ha a földet narancs nagyságnyra láthatnók is megkicsinyítve, a legmagasabb hegyek s legmélyebb völgyek sem mutatnának felületén a szemnek körvonalaikban nagyobb egyenetlenséget, mint egy közönséges narancs héjának felszínén a dudorodások és lyukacsok. Ha a földet ezen vékony kérge fönn bírja tartani önmagát, egyáltalán nem gondolható, hogy az hegylánczaiknak aránylag úgyszólván jelentéktelen súlya alatt összeomlanék, mert ily föltevést elfogadni tényleg épp oly képtelenség volna, mint azt állítani, hogy a tyúktojás héja már beszakad, ha hasonló tojánhéjdarabkát tesztek reája.

Hogy igen vékony gömbalakú kéreg vagy héj, mely folyékony anyagot zár magában, mint pl. a madártojás, már magában igen nagy szilárdsággal és erővel bír a külnyomásnak ellentállni, könnyen bebizonyíthatjuk azáltal, hogy fölszínének kis részére addig

rakunk súlyokat, míg be nem szakad alattunk. Még ha oldalára fektetjük is (a hogy legkevesebb erővel bir), azt találjuk, hogy a tojánhéjnak csupán egy negyedrészt négyszög hüvelyknyi területe több fontnyi súlyt bir el, anélkül hogy a repedésnek vagy betörésnek csak jeleit is lehetne látni; vagy más szóval: ezen egyszerű kísérlet bizonyítja, hogy ha a föld külső kérge aránylag nem is volna vastagabb és erősebb egy tojás héjánál, mégis képes volna sok egymás tetejébe rakott Himalayákkal térfogatra és súlyra egyenlő tömegeket elbirni, anélkül hogy szilárdsága legkevésbé is veszélyeztetnék.

A most következő érv, melyet szintén a föld nagyobb részének folyékony volta ellen intéztek, csillagászati észleleteken alapul. Ugyanis bebizonyult, hogy két órainga közül, melyek minden tekintetben hasonlóak egymáshoz, kivéven hogy az egyiknek tányéra tömör, a másiké pedig kivájt és higanynyal van megtöltve, az utóbbi sebesebben fog lengeni, s következésképp ennek órája időt nyer az előbbié felett. A boldogult Hopkins, cambridgei tanár, ezen észleletet a föld térbeli mozgásának megfigyelésére alkalmazta s a matematikai okoskodás és számításnak igen szövevényes munkája után kimutatta, hogy a föld ha nem is egészen tömör, legalább majdnem olyan, mert az ő következtetései szerint, ha pusztán csak folyékony anyaggal telt, aránylag vékony kéreg volna, akkor bizonyos mozgásainak aránya (pl. a precessio és mutatio) lényegesen különböznék attól a milyennek jelenleg ismerjük. És ezen következtetéseket megerősíteni látszanak Sir William Thomson és Pratt archidiakonnak utóbb tett számításai is. Noha ezen számítások s a bennök használt értékek helyessége ellen, főleg két legfontosabb elemöknél fogva — milyenek a nyomás tömörítő hatása és a gömb belsejében uralkodó magas hőmérséknek kitágító működése, melyek közül egyik sem volt és mostanig sincs kellő biztossággal meghatározva, — komoly kétségek támadtak; és ámbár azt is tekintetbe lehet venni, hogy egy csiszolt üvegből készült, nehéz, mozgékony higanynyal töltött s bot végén lengő inga-tányér alkotásra egészen elütő egy saját tengelye körül forgó, szívós sűrű lávával telt csaknem spherikus gömb föltételeitől: a geológok mégis egészen képteleneknek érezték magukat a csillagászok és matematikusok érveire megfelelni; és mivel közülök egy sem látszott egész jártasnak akár az astronomiában akár a matematikában, hogy szigoru bonczolás alá vehette volna a számítások vagy okoskodások módszerét, kénytelenek voltak, kétségkívül akarattjuk ellenére is, meghajolni ily kitűnő tekintélyek ítélete előtt.

Így álltak a dolgok az 1868. év nyaráig, midőn ezen kérdés

tovább fejlődésének nagy szerencséjére Delaunay, a párisi Observatorium igazgatója, egy a matematikában s csillagászatban egyaránt kitűnő tekintély, ezen problema újra átvizsgálásához fogott; oly munkához, mely nem csupán megczáfolta Hopkins s a többiek állítását s egyuttal kimutatta azon alapnak is tökéletes tévességét, melyre oly sok fáradságos okoskodást építettek, hanem kísérlet által határozottan bebizonyította, hogy egy folyékony anyaggal telt gömb olyan körülmények közt, a milyenek közt jelenleg földünk van, épp oly módon viseltetnék mint egy teljesen szilárd, s hogy ennek folytán a föld belsejének akár szilárd akár folyékony volta semmiféle befolyással nem bírhat a precessió vagy mutató arányára, melyet tehát nem is lehet eszközül használni a földkéreg valódi vagy csak közelítőleges vastagságának is meghatározására.

Azt is megemlíthetjük, hogy a Hopkins által vont következtetések, habár Sir William Thomson és Pratt archidiakon is támogatták, nem fogadtattak el általánosan; többek közt Helmholtz, a híres német physikus sem volt hibátlanságukkal megelégedve, és Thomson számításai ellenében, melyek szerint a föld kérgének valami 220 geogr. mértföld vastagságúnak kell lennie, Hennesseynek éppen ellenkező következtetéseit bírjuk, melyek azt igyekeznek megmutatni, hogy a föld kérgének vastagsága nem lehet kisebb 4, s nem nagyobb 130 mértföldnél. Mai nap azonban már kereken kimondhatjuk, hogy mindazon ellenvetések, melyeket a bolygónk belsejét folyékonynak tartó elmélet ellen csillagászati szempontból emeltek, vagy érvényteleneknek bizonyultak be vagy magyarázatukat lelték.

Az egyedüli érv még, mely a föld belseje szilárdságának kedvez, azon törvényen alapul, melyet elméleti okoskodások segítségével Thomson tanár 1849-ben állított fel, s mely szerint a testek olvadási pontja magasabbra száll, ha nyomásnak vannak alávetve, vagy mely szerint más szóval a testeknek nyomás alatt nagyobb melegségre van szükségük, hogy felolvadjanak. Ebből indulva ki Bunsen azt következtette, hogy a föld nem lehet más, mint szilárd a legbelsejéig, mivel a központra nehezedő roppant nyomás a föld belső anyagát annyira összeszorítja, hogy az nem maradhat olvadt állapotban. Bizonyos mértékben csakugyan megerősítették Thomson törvényét Bunsen és Hopkins ama kísérleti kutatásaik által, melyeket némely könnyen olvadó anyagokon tettek, milyenek a viasz, spermaczet, paraffin és kén; azonban bármily messzire jutottak is kísérleteikben, azt még sem tudták bebizonyítani, hogy érvényes-e ama törvény fémanyagoknál is, sőt nem is látszott az tarthatónak más mint csak könnyen összenyomható anyagokra nézve.

A földre vonatkozólag tehát nem lehet elfogadnunk Bunsen

következtetéseit, mivel itt oly anyagokkal van dolgunk, melyekre a főntebbi törvény még nem bizonyult alkalmazhatónak. S míg egy-részről megengedjük, hogy a földünk tömegét képező anyagok a központhoz való közelségük arányában mindig sűrűbbek meg sűrűb-bek, addig más felül meg kell említenünk, hogy ezen sűrűsödés nem lehet a nyomás következménye s nem terjedhet a megszilárdulásig. Mert elvitázhatlan tény, hogy a föld hőmérséklete a fölszíntől lefelé egyenes arányban növekszik, tehát több mint valószínű, hogy azon feszerő, melyet a föld belsejében találtató anyagok az ott uralkodó roppant melegség működése folytán kifejtének, tökéletesen ellen-súlyoz minden megszilárdulási törekvést, melyet a nyomás hatásának lehetne tulajdonítani.

Miután az elmondottakban eléggé megfontoltuk nem csak azon elméletet, mely a föld belsejének folyékony voltát állítja, hanem kellő figyelmet fordítottunk ama másik nézetre is, mely az ellen-kezőt vagyis annak tömörségét vitatja; s így mérlegre vetettük egy-részt a mindkettőnek kedvező, valamint másrészt az ellenük támasz-tott vagy támasztható érveket is: futólagos szemlét tarthatunk a két nézet megkülönböztető vonásai fölött, melyből azonnal észre lehet venni, hogy az előbbi elmélet jogos következtetés azon adatokból, melyek magának a földnek közvetlen tanulmányozásából merítették, míg ellenben az utóbbi, a helyett, hogy a föld tűneményeinek ki-magyarazását venné kiindulási pontúl, kizárólagosan csak annak kimutatását tűzte maga elé, miszerint belseje nem lehet folyékony.

Ha a föld tömege eszerint mindvégig szilárd volna, miképp le-hetséges akkor kimagyaraznunk a külső kérgét alkotó sziklaképződ-mények sokszor igen terjedelmes részeinek felemelkedését vagy alá-súlyedését? Ezen tűnemények nem egyenesen azon következtetésre vezetnek-e bennünket, hogy a külső kéreg semmikép sem nyugod-hatik a mélységben szilárd állapotú, merev tömegben, hanem hogy szükségképpen valamely többé-kevésbé folyékony anyagon kell alapulnia, a mely mozgékonyágánál fogva, ha a kéreg valamelyik része lesüpped, áthelyezkedhetik s így annak helyet bir engedni a kéreg valamely más részének fölemelése vagy keresztül törése által.

A föld szilárdságát vitató nézet egyébiránt még arra is kény-szerít, hogy a tűzhányók tűneményei azon feltétel alapján magya-ráztassanak ki, miszerint eredetüket számtalan kis elszigetelt s ol-vadt sziklákat tartalmazó oly helyi medenczéből veszik, melyek a föld színén el vannak szórva. Ezen vélemény azonban egyaránt el-lentmond a vegyészeti s ásványtani kutatások eredményeinek, melyek pedig azt bizonyítják, hogy a kihányt termékek alkotásukra teljesen

egyenlők, még ha az egymástól legtávolabbra eső vulkán-nyílásokból kerültek is. S az ily elmélet végül a földrengéseket s vulkáni kitöréseket megelőző áramlati tüneményeknek sem bírja magyarázatát adni.

Már ennyire hatolván tárgyunkba, azon eredményre jutottunk, hogy a bizonyítékok mérlege arra hajlik, miszerint a föld felületéről 12 mértföldnyire vagy valamivel kisebb mélységben olvadt sziklákból vagy lávából alakult szakadatlan tenger van, melynek anyagát a vulkáni kitörések mindenkor felszínre hozzák. Hogy ezen folyékony anyag egész a központig nem terjedhet, az a még mondanókból világosan ki fog derülni. Lássuk tehát, meddig terjed s milyen alkotása van alatta a földünk központját közelebb érő tömegnek.

Hogy ezen kérdésre megfelelhessünk, egyéb mint közvetlen bizonyítékok után kell néznünk. Mindenek előtt vizsgáljuk meg, vajjon a föld közép-sűrűsége, vagyis tényleges súlya vethet-e világosságot ezen homályos pontokra? De hát tudjuk-e bolygónknak, ezen roppant gömbnek súlyát? Erre azt válaszoljuk, hogy azon vonzásnak megfigyelése, melyet egyik test a másikra nagyságának aránya szerint gyakorol, tényleg képessé tette a természetbuvárt magának a föld súlyának meghatározására. Kívül esik körünkön annak leírása, miképp történik ez, s tények gyanánt elfogadván, meg kell elégednünk ezen kutatások eredményeivel, melyek azt tanusítják, hogy bolygónk összes súlya, oly megközelítőleg a mint csak lehet, $5\frac{1}{2}$ -szer oly nagy, mint egy hasonló nagyságú, tiszta vízből álló gömbé. Már most tudván azt, hogy a föld közép sűrűsége $5\frac{1}{2}$; valamint közvetlen kísérlet útján tudván azt is, hogy a külső kérget alkotó szilárd sziklatömeg sűrűsége nem lehet nagyobb $2\frac{1}{2}$ -nél, vagyis valamivel kevesebb mint az egész gömb közép sűrűségének fele: szükségképpen az következik, miszerint a központi részeknek sokkal sűrűbbeknek és sokkal nehezebbeknek, kell lenniök, hogy a középsűrűségnek $5\frac{1}{2}$ -ét kaphassuk. S ebből kiindulva ki is számították, hogy a földet három egyenlő vastagságú azon középi részből állónak vevén fel s a külsőnek sűrűségét $2\frac{1}{2}$ -nek hagyván meg, ezek mindegyikének sűrűsége számtani arányban növekszik a központ felé, s akkor kapunk egy $2\frac{1}{2}$ sűrűséggel bíró külső kérget, mely oly nehéz volna mint a kő, továbbá egy középső réteget, melynek sűrűsége 12, s mely tehát közel oly nehéz mint a higany, s végre egy központi magvat, melynek sűrűsége 20-szor oly nagy, mint a vize s mely eszerint épp oly nehéz mint az arany.

A sűrűségnek ezen növekedését tévedésből igen gyakran úgy tüntették föl, mint pusztán csak a felül fekvő tömeg nyomásának

eredményét. Ezen nézet azonban teljesen tarthatatlanná vált, mióta mind azon számos kísérletek, melyeket ezen irányban tettek, annak bebizonyítására szolgálhatnak, hogy semmiféle anyag sem szorítható vagy sűrítető össze végtelenig, hanem csak addig, míg az illetők közel legnagyobb sűrűségüket elérték, de azontúl a nyomás hatása az alkalmazott erőhöz viszonyítva, annyira csekélyebb meg csekélyebb lesz, hogy végre a még nagyobb nyomás által eszközölt minden további sűrítés már számítás alá sem eshetik. E mellett nem szabad elfelejtenünk, hogy a föld kérge boltíves alakú mint a tojás héja, a mely önmagától meg bírja magát tartani a nélkül, hogy folyékony központjára nehezkednék, valamint azt sem, hogy a föld belsejében roppant hőmérsék uralkodik, mely a központi anyagokat kiterjesztvén, a fölülről jövő nyomás működését ellensúlyozza. A földünk belső részét alkotó anyagoknak tehát sokkal sűrűbbeknek kell ugyan lenniök, mint a milyenek a fölületén találtató sziklák, mi azonban az elősorolt tények szerint semmi esetre sem lehet a nyomás következménye. A föld belsejének sűrűbb volta csak úgy leli magyarázatát, ha anyagait fém-természetűeknek vesszük, mint-hogy nem ismerünk más testeket, melyek különben ezen sűrűségi állapotnak megfelelhetnének.

Már most térjünk vissza előbbi feltételünkhöz. Vegyük, hogy a föld belseje több azonközepű öv- vagy rétegből áll, melyeknek alkotó anyagaik a központ felé mindig sűrűbbek meg sűrűbbek lesznek, és vegyük azt, hogy a külső öv 2,5 sűrűségű sziklatömeg; akkor egyszerű számításból kitűnik, hogy a központ magva körül-belül 10, vagyis oly nehéz mint az ezüst. És ha most felteszszük, hogy az olvadt lávának öve, melyről már előbb azt következtettük, hogy mintegy 12 mértföldnyire fekszik a földszín alatt, 3 vagy még a felső nyomásnak is túlsokat engedve — mondjuk 4 sűrűséggel bír: akkor a számítás által azt is meg tudjuk, hogy ezen öv nem terjedhet 85 mértföldnél mélyebbre, mivel a mondott mélységen alul az anyagok oly nehezek, hogy sűrűségöket csak úgy magyarázhatjuk meg, ha fémösszetételekből állóknak vesszük fel; s minthogy számításunk szerint a még lejjebb eső övek folytonosan nőnek egészen a föld központjáig, csakugyan azt kell következtetnünk, hogy azon központi tömeg, mely a felszín alatt valami 100 mértföldnyi távolságban fekszik, tényleg fémekből s azok összetételeiből áll.

Már csak azt kell megvizsgálnunk, vajjon a központnak ezen nagy fém-magva folyékony-e vagy szilárd? Bunsennek feljebb említett elmélete szerint szilárdnak kell lennie, mert azon borzasztó nyomásnál fogva, melynek fölülről ki van téve, az olvadt gömb megszilárdulása legelőször is a központon kezdődnek. Ezen nézet

nagyon helyes volna, ha a föld nagy mértékben összenyomható nem-fémanyagokból állana; de mivel ezen eset nem áll, és mivel, a mint már fentebb említettük, az eddig nyert kísérleti adatok azt tanúsítják, hogy sem a fém-, sem általában a kevésbé összenyomható anyagok nem lesznek szivósabbakká a nyomás növekedténél arányában, sokkal igazoltabb azon feltevés, hogy a központi tömegnek is folyékony állapotban kell lennie, és pedig nem csak azért, mert tudjuk, hogy a fém-összetételek szabályszerint sokkal olvadékonyabbak mint a sziklanemek, hanem azért is, mivel a föld belsejének jól ismert magas hőmérséklete kitágító hatásánál fogva ellenáll a nyomás erejének.

Összefoglalván az elmondottakat, a bizonyítékok mérlege határozottan azon elméletnek látszik kedvezni, mely szerint földünk belseje olvadt, a központ felé mindinkább nagyobb sűrűségű koncentrikus rétegek vagy övek szerint elhelyezkedett anyagból áll s aránylag vékony külső kéreggel van borítva.

(*Nature*, Vol. 3, No. 67.)

Közli: VOLF GYÖRGY.

KÖNYVISMERTETÉS.

KISÉRLETI TERMÉSZETTAN. (Az újabb elméletek alapján szerkesztett kézikönyv. Középtanodák felsőbb osztályai számára.) Írta FEHÉR IPOLY, Pest, 1871. Kiadja Heckenast Gusztáv. — Első rész: Erőműtan, hőtan. 290. lap.

Mai állapotában a physika hasonló az oly régi épülethez, melyet lázas gyorsasággal átépítenek, mivel itt is, ott is új szárnyak emelkedtek, s nincs többé összhangzat a régi meg az új között. Minden oldalon falakat rontanak és újakat raknak, anélkül azonban, hogy a munkásoknak csak sejtelmök is volna arról, vajjon mi lesz végre az egésznek alakja és beosztása. Ilyenkor nem vehetjük rossz néven, ha valaki még a régi tervekre hivatkozik, s inkább azokból igyekszik áttekintést nyújtani, semhogy a bevégtetlen vázlatok nyomán e célra ő maga összeállítaná a leendő új épület tervezetét.

A ki a mai természettan kézi- vagy tan-könyvét akarja megírni, annak roppant anyag- és adathalmazzal kell megbirkóznia; a mely adatok jobbadán feldolgozatlanul vannak elszórva a különféle tudományos szaklapok hasábjain. — De éppen azok a tudósok, kiknek kutatásai és vizsgálódásai a mai tudomány legújabb vívmányait képezik, általán véve megelégszenek azzal, ha buvárokódásaik eredményét valamely tudományos folyóiratba lerakták, s így szak-



Creative Commons License Deed

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

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

[Figyelmeztetés](#)



A következőket teheted a művel:

szabadon másolhatod, terjesztheted, bemutathatod és előadhatod a művet

származékos műveket (feldolgozásokat) hozhatsz létre

kereskedelmi célra is felhasználhatod a művet

Az alábbi feltételekkel:



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



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

Az alábbiak figyelembevételével:

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

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

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

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

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