

Megjelenik minden hónap 10-ikén, leg- alább is $3\frac{1}{2}$ nagy nyolczadrét ivnyi tartalommal; időn- ként szövegközi áb- rákkal illusztrálva.

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY.

HAVI FOLYÓIRAT

KÖZÉRDEKŰ ISMERETEK TERJESZTÉSÉRE.

E folyóiratot a társulat tagjai az évdíj fejében kap- ják; nem tagok részére a Pótfüze- tekkel együtt elő- fizetési ára 12 kor.

XXXIII. KÖTET.

1901. JUNIUS

382. FÜZET.

A Föld alakjának kérdése.

— Kivonat Br. E ö t v ö s L. elnöki beszédéből, melylyel a M. Tud. Akadémia ünnepi közülését 1901. május 12-ikén megnyitotta. —

A világ akadémiáinak szövetkezete, a mely a mult évben a mi Akadémiánknak is hozzájárulásával alakult meg, első feladatainak sorába egy *fokmérés tervét* vette fel, a mely az egész afrikai szárazföldön át a Jöreménység fokától a Nilus torkolatáig terjedjen.

Az ilyen óriási vállalkozás, mely, mert nagyobb, semhogy egy el- végezhetné, az egész világ tudományos testületeit szellemi és anyagi erőik egyesítésére bírja, bizonyára többet jelent, mint néhány szaktudós vágyá- nak kielégítését. Az egész emberiség közös ügye ez, melytől nem von- hatja el érdeklődését az emberiség egy művelt tagja sem. Nem fölösleges, és, hiszem, időszerű dolgot cselekszem, ha e fényes gyülekezet előtt megvilágítani törekszem magát azt a tudományos kérdést, mely általános érdekével és különös varázsával létre fogja hozni ezt a nagy vállalkozást is, a mint évezredek óta létrehozott már sok hasonlót.

A Föld alakjának kérdése ez.

Erről, és a megoldására irányuló törekvésekről és e törekvések kapcsán bizonyos önzéssel, melyért már előre is elnézésöket kérem, saját eddigi kísérleteimről, valamint jövő terveimről szeretnék egyet-mást el- mondani.

Földi örömeink színhelyét érdeklődéssel nézi minden ember s gyönyörűséget talál hegyeinek, völgyeinek, rónaságainak, víztükreinek alakjában, és száz- meg ezerféle módon leírni, művészi kézzel, vagy engedelmes fénysugárral lerajzolni törekszik. De ne ezekre a szemmel látható, kézzel fogható részletekre fordítsuk most figyelmünket, hanem arra a csak képzeletünkben kidomborítható alakra, melyet a tudomány a Földről mint egészről alkot magának, és a melyhez, mint épületterv alap- jához, viszonyítja mindama részleteket, melyek elhelyezését a nagy egé- szen megállapítani törekszik.

A tenger vizei, ha egyszer igazán és maradandólag megnyugodná- nak, felszínükön hű képét adnák ez alak nagyobb részének; folytatását

azonban a szárazföldek területén csak sokkal elvontabb okoskodásokkal tudjuk képzeletünk elé állítani. Határozott fogalmat róla csak úgy szerezhethetünk, ha az alakító erőre, a nehézségre fordítjuk figyelmünket. Ez az erő, a mely minden bármily magasan állót is a mélységbe húz, valamely vízmedence cseppjeinek csak akkor enged nyugalmat, ha a felszínen egyik sem emelkedik a másik fölé, csak akkor, ha, mint mondjuk, valamennyi egy színvonalon van. Ez a víz szintje, ez a nehézség formálta felület kisebb részletében síknak mutatkozik ugyan, és mint olyan tükrözi vissza képünket ivópoharunkban; mint sík tűnik fel akkor is, mikor a hegyi tó azúrkék vizében gyönyörködünk: mindamellett arról, hogy mégis görbe, könnyen meggyőződhetünk, mint a hogy naponként meggyőződik a tengereken járó hajós, mikor észreveszi, hogy a víz tömege miként földi még el szeme elől a sokszor epedve várt partot.

A nyugvó tengerek meghatározta földalakot, vagy, a mint a tudós nevezi, a geoidot, oly módon terjesztjük ki gondolatunkban a szárazföldek területére, hogy egyes részeit a tengerrel csatornákon át összekötött vízmedencék által megvalósítva képzeljük.

Már az eddig mondottakból is fölismerhetjük a nehézségek egy részét, melyek a geoid alakjának meghatározásában fölmerülnek. Reá vonatkozó méréseinket nem magán a meghatározandó felületen, hanem rajta kívül, rendszeren más magasságban, a szárazföldnek sokszor görbe felületén kell végeznünk. De bepillantunk a mondottak alapján abba a belső kapcsolatba is, melyben a Föld alakja a gravitációval, mint alakító erővel áll.

Nem egyszerre, csak évezredes próbálgatás és sok tévedés után jutott el az emberi elme ehhez a belátáshoz.

A régiek, a Homeros korabeliek, korongalakúnak képelték a Földet s ezen a korongon helyezték el gondolatukban Görögország körül mindazokat a középtengerparti vidékeket, melyekig hajósaik eljutottak. Aristoteles korában azonban már általánosan elfogadott volt az a nézet, hogy a Föld gömbalakú, s e nézettel együtt megszületett a fokmérés feladata. Ha t. i. a Földet gömbnek tekintjük, úgy valamely felületén húzott legnagyobb kör meghatározott részének, például $\frac{1}{360}$ részének, azaz egy fokának hossza az egész Földnek kerületét, más szóval a Föld nagyságát állapítja meg. A történet bizonyossága szerint úgy látszik, hogy az alexandriai Eratosthenes volt az első a Kr. születése előtti harmadik században, a ki a feladatot mai értelmében megoldotta. Szerinte a Nap Felső-Egyiptom Syene nevű városában a nyári solstitium idején pontosan a zenitben áll, holott Alexandriában ugyanakkor $7\frac{1}{5}$ fokkal tér el tőle. Ebből helyesen következtette, hogy a vizek szintjei, vagy, a mi egyre megy, a függélyek irányai Syenében és Alexandriában

$7\frac{1}{5}$ fokkal, azaz a kör kerületének körülbelül $\frac{1}{50}$ részével hajlanak egymáshoz, s e szerint ama helyek távolsága a Föld kerületének közel $\frac{1}{50}$ részével egyenlő. E mérések alapján az egész földkerület hossza 250000 stadionnal, egy foké pedig körülbelül 63000 toise-sal volna egyenlő. Ez az érték egy tizedrészével nagyobb a ma jobban meghatározottnál.

Erathostenes fokmérését mintegy 200 év múlva a Posidoniusé követte. Nemsokára azután Alexandria pusztulása véget vetett az ókori műveltségnek s vele minden ilyen tudományos törekvésnek. De csak álom volt az és nem halál, s a tudományos szellem az uralomra jutott izlam védő szárnyai alatt, bár csak rövid időre, újra ébredt, újra alkotott s eltörülhetetlen betűkkel jegyezte be ébrenlétének emlékeit a tudomány történetkönyvébe.

A bagdadi kalifák ragyogó udvarából 827-ben, mérőlánczczal kezökben, két tudós csapat indult ki a végett, hogy a Sindjar pusztában egy-egy meridiánfoknak hosszát megmérje. Az egyik csapat észak felé, a másik dél felé haladt, lelkiismeretes pontossággal mérve meg útjának hosszát mindaddig, a míg odáig nem ért, a hol a sarkmagasság egy-egy fokkal megváltozott. Az eredmény: a fok hosszára nézve az egyik mérés szerint 56, a másik szerint $56\frac{2}{3}$ arab mérföld volt. Kár, hogy az arab mérföldről ma már csak annyit tudunk, hogy 24, vagy 27 hüvelykből állott s minden hüvelyke öt rozs-szem hosszával volt egyenlő. A rozs-szem hossza, mely ekként a földkerület mérésében egységül szolgált, természetes mérték ugyan, de nagyon is bizonytalan.

A rövid ébrenlétre újabb álom következett. A kutató emberiség csak a XVI. században veszi újra kezébe a mérőlánczot és rudat. De azután többé le sem teszi, és folytatja a soká félbehagyott munkát, hogy lakhelyének alakját és nagyságát megállapítsa. Ez újabb mérések közül az elsők, bár jobb eszközökkel és sokban javított eljárással dolgoztak, lényegökben mégis csak az ókoriak ismétlései voltak. A gömbalak föltételezése s így a gömbön egyetlen ív hosszának megmérése a teljes megoldásra még jó ideig elegendőnek látszott. Egyszerre azonban új fény világította meg a kérdést, jóval bonyolódottabbnak s talán épen ezért sokkal érdekesebbnek tüntetvén fel.

Richer, kit a párisi akadémia 1671-ben Cayennebe küldött, hogy ott csillagászati megfigyeléseket végezzen, egy ama korban újdonság számba menő eszközt, ingaórát is vitt magával. Órája Cayenneben naponként két percczel késett s ezért ingája hosszát $\frac{5}{4}$ vonallal kellett megrovidíteni, hogy helyesen járjon. A mikor pedig az óra két évvel később visszakerült Párisba, sietett, és most a hiba kijavítására ingáját $\frac{5}{4}$ vonallal meg kellett hosszabbítani. Csodálkozást keltett s kétkedőkre talált ez a megfigyelés mindaddig, míg újabb tények nem igazolták helyességét.

A rejtvény megoldását gyanította már Picard, pontosabb alakban kifejezte Huyghens, teljességében földerítette Newton. Szerinte a gravitációt a Föld összes tömegeinek vonzása okozza, a melyek együttvéve nagyjában, de csakis nagyjában úgy hatnak, mint ha egy középpontban volnának összehalmozva. Ehhez a tömegek vonzásából eredő erőhöz azonban még a Föld forgásából származó középpontfutó-erő járul, a mely az egyenlítő kerületén a legnagyobb és a vonzó erővel épen ellentett, a sarkokhoz közelebb fekvő vidékeken pedig a vonzó erőnél kisebb s csak egy összetevő részével a vonzás ellenében irányított. Így ez a középpontfutó erő az egyenlítőn a legtöbbet, a sarkok felé közeledve mind kevesebbet és kevesebbet ront le a vonzás hatásából, tehát az eredő erő, mely nem más, mint a testek esésében és az inga lengéseiben nyilvánuló nehézség, az egyenlítőn a legkisebb, a sarkokon pedig a legnagyobb. És tovább, minthogy a középpontfutó erőnek, kivéve az egyenlítő pontjait s a sarkokat, mindenütt van egy olyan összetevő része is, a mely merőleges a vonzás irányára, azért ez az erő nem tűrhetné meg a Föld mozgékony tömegeinek, például vizeinek gömbalakban elhelyezkedését még abban az esetben sem, ha ez a vonzás mindenütt egyazon középpont felé volna irányítva, annál kevésbbé akkor, ha a valóságnak jobban megfelelve, ezt az utóbbi föltevést el is ejtjük. A Föld alakja e szerint nem lehet gömb, hanem valami lapult forgási testnek kell lennie, a mint arról már Huyghens meggyőzte kortársait, mikor megmutatta nekik, miként horpad be gyors forgatása közben a nedves agyaggolyó.

Bocsánat ez elvont fejtegetésekért; nem nélkülözhetjük őket, ha meg akarjuk érteni, hogyan bővült ki a kezdetben annyira egyszerű feladats a tudomány milyen úton haladt tovább megoldásában.

Most már az volt a kérdés, vajjon valóban lapult-e a Föld, s ha igen, mekkora ez a lapultsága? Fokmérés adhatta meg erre is a választ, csak hogy már nem egyetlen, hanem csak több, lehetőleg különböző szélesség alatt végzett fokmérés. Mert, ha a Föld nem gömb, nem lehetnek egyenlők valamely meridiánja mentén az egy-egy foknak megfelelő ívek hosszai sem; ez ívhosszaknak Newton okoskodása szerint a sarkoknál nagyobbaknak, az egyenlítőnél kisebbeknek, azaz délről észak felé növekedőknek kell lenniök. A régi fokmérések eredményei ilyen finomabb megkülönböztetések felismerésére nem voltak alkalmasak már azon bizonytalanság miatt sem, mely hosszegységek értékének utólagos megállapításához fűződik.

Először kínálkozott erre alkalom azon nagy fokmérés kapcsán, melyet a francziák Colbert védnöksége alatt 1680—1683-ig, majd, 17 évi megszakítás után, 1700—1718-ig végeztek Páristól észak felé Dünkirchenig, dél felé pedig a spanyol határig, több mint 9 foknyi ívre terjeszkedve ki.

A véletlen, vagy talán a hibák ördöge, ugyanaz, a mely ott ül a betűszedő szekrénye mellett s tévútra vezeti még a tudóst is, ha megfigyeléseiben nem eléggé óvatos: meghamisította az eredményt. A fok hossza a lemért ív déli részeiben nagyobbak, északi részeiben kisebbnek mutatkozott, épen ellenkezőnek, mint Newton elmélete követelte. A francia tudósok táborában nagy volt a fölgerjedés; akadt közöttük olyan is, a ki a nemzeti diadal egy nemét látta abban, hogy volt, a ki egyszer hibában érte az angolok csalhatatlan Newton-át. Még fokozódott az öröm, a mikor Cassini Strassburg és St. Malo között először mért meg egy hosszúságiívet; e mérésének eredménye a Newton-ellenesek nézetét megerősíteni látszott. De az angolok rendíthetetlen bizalommal ragaszkodtak nagy mesterök véleményéhez, a francziáknak műveleteik hiányos voltát vetvén szemökre, a mely nem is tehette lehetővé a fok hosszában oly kicsiny különbségek fölismerését, a minők az e méréseknél egybevetett, egymáshoz nagyon is közel fekvő területeken fennállhatnak. Húsz évig tartott a tollharcz, míg végre a francziák újra a tett mezejére léptek.

Az 1735-ik év május 16-ikán Bouguer, La Condamine és társaik, koruk legtökéletesebb csillagászati és geodetikai eszközeivel föl-szerelve, hajóra szállottak, hogy akkor még hosszú és fáradságos utazás után a quito-i fensíkon, tehát az aequator alatt mérjék meg a fok hosszát.

Csak több mint tíz év mulva, regénybe illő kalandok után tértek vissza hazájokba, már nem is együtt, hanem a féltékenység szenvedélyétől hajtva, egymástól elszakadva és különböző utakon, versenyezve abban, ki hozza meg a hírt, mint első, hazájába. Ez a hír Newton diadalát hirdette. A kérdés el volt döntve.

De ez a nevezetes fokmérés még egy más tekintetben is nagy szolgálatot tett a tudománynak. Az első volt, mely a Föld alakjának meghatározására szolgáló módszerek sorába fölvette az inga lengéseinek megfigyelését is, a mely azóta, hogy először gyanította a lapult alakot, ez alak részletesebb tanulmányozásában nélkülözhetlenné vált.

Bouguer és La Condamine még haza sem tért, mikor a párisi akadémia, Maupertuis vezetésével, egy másik tudós csapatot küldött ki a lappok földjére. Ettől fogva egész napjainkig majdnem folytonos egymásutánban következnek a fok hosszának megmérése és a Föld alakjának meghatározására alakuló vállalkozások. Köteteket lehetne írni történetükről. A különböző nemzetek mintegy versenyeznek, hogy tudósikat e czélra szolgáló jobb és jobb felszereléssel lássák el s a XIX. században már állandó tudományos intézetek is keletkeztek, melyek feladata a Föld alakjára és a nehézségre vonatkozó részletes munkálatok teljesítése. (Csak mi nem tettünk még ilyesmit!) Óriási anyag halmozódik így fel, mely a kérdést általánosságában megoldásához közelebb viszi ugyan, de részleteiben újabb kérdésekre vezet.

Newton korszakában s a reá következő században még csak az volt a kutatás tárgya: lapult-e a Föld és mekkora a lapultsága? Ma, a mikor a legmegbízhatóbb fokmérések eredményeinek egybevetése kétségtelen bizonyossággal megmutatta, hogy a különböző meridián-vonalak görbülete nem egyenlő, tehát a Föld nem szigorúan forgási test: minden egyes meridián-ív megmérése különös érdeket nyer.

Az olyan vállalkozások, a minő, ha megvalósul, az afrikai fokmérés is lesz, már nem csupán arra valók, hogy a lapultság átlagos értékéhez újabb adattal járuljanak, hanem a tudományra nézve fontosak a felvilágosításokért is, melyeket magukban adnak azon vidék görbületi és nehézségi viszonyairól, a melyen áthaladnak. A tudományos érdeklődéssel még egy, inkább gyakorlati szükséglet is egyesül: ez a helyes és pontos térképkészítés, mely csak akkor lehetséges, ha ismerjük a felületet, melyhez a lerajzolandó vidék helyzetét viszonyítjuk. Ma már egy önállóvá vált tudományszak, a geodesia foglalkozik ezekkel.

De ez a geodesia eddigelé használt módszereivel, a fokméréssel, a függő-ön irányának és az inga lengésének megfigyelésével még nem ad teljes megoldást. Megállapíthatja ugyan mintegy vázlatos körvonalakban az egész Föld alakját, fölismerheti és tanulmányozhatja az egyes vidékeken jelenkező, úgynevezett rendellenességeket; de, hogy milyen a nehézség szülte felszín, milyen alakú a vizek szintje épen ott, a hol állunk és közvetlenül körülöttünk, merre és mennyivel görbül, merre és mennyivel változik rajta a nehézség: minderre eddig használt eszközeivel megfelelni nem tud. Úgy van vele, mint a messzire látó, a ki jól látja a távolban kékelő hegyeket s gyönyörködni tud bennök, de nem tudja elolvasni a levelet, melyet kezében tart s mely talán örömhírt hoz neki; vagy, hogy egy más, már előbb használt hasonlattal éljek: meg tudja mérni a tenger görbeségét, de nem a pohárba öntött vizét. Eszközeinek érzékenységét s ezzel megfigyelő tehetségét sok ezerszer kellene fokoznia, hogy ezt tehesse.

Ezt próbáltam meg én.

A középkor előítéleteinek és csodaszereinek lomtárából előkerestem a varázsvesszőt és — nem imádsággal, nem is ördögösséggel, hanem a vesszőt, melyről a varázs az idők folyamán amúgy is lekopott, hozzá jobban illő mechanikai érzésekkel arra bírtam, hogy feleletet adjon. Az igaz, hogy nem arra kértem, hogy rejtett kincseket mutasson; arra sem, hogy ellenségeimet, ha vannak, megjelölje: csak azt kívántam tőle, engedjen bepillantani annak az erőnek rejtvényeibe, mely e Földön mindent mozgat, mindennek kijelöli helyét.

Nem azért, hogy csodálkozást keltsek, inkább a könnyebb megértetés kedvéért mutatom be itt a használtam módszert és eszközt ilyen, majdnem reklámszerű szavakkal; csak azt a tudást megelőző fizikai

érzést szeretném ekként fölkelteni, mely a varázslat eszközeinek kigondolásában oly sokszor megnyilatkozott. Erre kell támaszkodnom magyarázatomban itt, a hol szigorú mechanikai tárgyalásokba nem bocsátkozhatom.

Régi időkben csak előérzet volt, ma tudjuk, hogy egyik test vonzza a másikat, s így a vésző, még ha nincs is különös varázsa, más testek hatása alatt azok irányába törekszik helyezkedni. Csakhogy ez a hatása nemcsak az aranyak, hanem az ólomnak, sőt a polyvának is megvan, és nemcsak a rossz embernek, hanem a legerényesebbnek is; és e hatás nagysága nem a test piaci értékétől, hanem egyedül mérlegen megmérhető tömegétől függ. Ilyen egyszerű egyenes vésző az az eszköz is, melyet én használtam, végein különösen megterhelve és fémtokba zárva, hogy ne zavarja se a levegő háborgása, se a hideg és meleg váltakozása. E vészőre minden tömeg a közelben és a távolban kifejti irányító hatását; de a drót, melyre fel van függesztve, e hatásnak ellenáll és ellenállva megcsavarodik, e csavarodásával a reá ható erőknek biztos mértékét adván. A Coulomb-féle mérleg különös alakban, ennyi az egész. Egyszerű, mint a Hamlet fuvolája, csak játszani kell tudni rajta, és miként abból a zenész gyönyörködtető változatokat tud kicsalni, úgy ebből a fizikus, a maga nem kisebb gyönyörűségére, kiolvashatja a nehézségnek legfinomabb változásait. Eljárással bármely helyen, a hol eszközömet felállíthatom, meg tudom határozni, hogy merre, és centiméterenként mennyivel változik a nehézség; azt is, hogy mennyivel hajlik el iránya, mikor magasabbra emelkedünk; és megállapíthatom, milyen az alakja a földfelület bár csak tenyérnyi nagyságú részének, hogy merre görbül erősebben az a kicsiny vízfelület, a mely egy pohárban elfér, a melynek eltérését a sík alaktól azelőtt legfeljebb gyanítani lehetett.

A nehézségnek és a Föld alakjának ilyen finom és részletes vizsgálata egyszersmind mély betekintést enged azon tömegek elhelyezésébe, melyek ez erőre és ez alakra hatnak. De ne ámítsuk magunkat: az egyes tömegek hatását az összes hatástól különválasztani nem könnyű feladat; azt csak a tömegek különböző sűrűsége alapján s csakis nagyjában tehetjük. Azért kincsek keresésére nem való ez az eljárás, de igenis biztossággal következtethetünk segélyével kisebb sűrűségű anyagok között nagyobb sűrűségűek jelenlétére, például az alluvium laza rétegei alatt lejtőket és hegylánczokat alkotó kőzettömegekre.

Elégedjünk meg egyelőre ezzel, mert már így is módunkban van biztosabb alapokra fektethetni a földkéreg architektúrájának tanát, némi bepillantást szerezve olyan mélységekbe, melyekhez szemünk egyáltalában nem hatolhat és fúróink el nem érnek.

Több mint tíz évi munka és javítgatás után, ma már egy bizonyos fokig megállapodottnak mondhatom módszeremet. Kiállta az a tűzpróbát

a Gellérthegy tövén és a Sághegy tetején, a hol adatainak helyes voltát a felszínén fekvő tömegeknek kiszámítható hatásaival ellenőrizhettem, laboratóriumomban és szt.-lőrinczi kertemben pedig segélyével már a mélységben elterülő tömegeket tudtam fölismerni. Valóban érdekessé azonban az ilyen kutatás csak úgy válik, ha nagyobb területre terjesztjük ki. A múlt télen a befagyott Balatonon volt erre először alkalmam. Ott több mint harmincz különböző állomáson végzett mérésekből meg tudtam állapítani, merre görbül erősebben, merre kevésbé a nyugvó víz szintje, merre és mennyivel nagyobbodik a nehézség s mindezek alapján a jég és víz és a fenék homokja alatt egy Kenesétől majdnem Tihanyig elhúzódnó tömeg-föhalmozódást, mondjuk, egy hegygerinczet fedeztem föl.

Azzal a kíváncsisággal, melylyel az utazó, ismeretlen vidékekbe jutván, hegyeit és völgyeit kutatja, jártam én is a Balatonon. Az én ismeretlen vidékem ott feküdt mélyen, a jég sima tükre alatt; nem láttam, s nem is fogom látni soha, csak eszközöm érezte meg és mégis mily nehezen váltam meg tőle, mikor a jég olvadása gyorsan partraszállásra kényszerített.

A mikor onnét eljöttem s különösen a mikor, megfigyeléseim adatait rendezve, az ilyenmű kutatások helyességéről meggyőződtem: új és nagyobb vállalkozás terve érlelődött meg agyamban.

Itt lábaink alatt terjed el, hegyek koszorújával övezve, az Alföld rónasága. A nehézség lesimitván, kedve szerint formálta felületét. Vajjon milyen alakot adott neki? Micsoda hegyeket temetett el és mélységeket töltött ki lazább anyaggal, a míg létrejött ez az aranykalászttermő, a magyar nemzetet éltető róna?

A míg rajta járok, a míg kenyerét eszem: erre szeretnék még megfelelni, erre kérek támogatást.

B. EÖTVÖS LORÁND.