

## A földrengésről.\*

A földrengés, ijesztő és mégis titokzatos hatása miatt, az embert mindenha élénken érdekelte. A mióta művelt népek vannak a Föld színén és az irás mesterségét használják, följegyezték a földrengéseket és leírták pusztításaikat. Az ókorból persze csak elszórt, úgyszólván csak esetleges ilyenmű följegyzéseink vannak; mert hiszen a földrengések a Földközi-tenger mellékén sokkal gyakoribbak voltak, semhogy egyenként figyelemre méltatták volna őket. Más volt az állapot a középkorban, főleg olyan országokban, melyekben a földrengések ritkák, de azután hébe-korba annál erősebbek. Így Villach 1344-ben, Bazel 1356-ban pusztult el egészen. Ehhez járultak a krónikaszerű följegyzések, melyek egy-egy háztető lecsúszását, néhány kémény bedülését is nagy eseménynek vették, s más napi eseményekkel együtt époly híven leírták, mint a nagy katasztrófát.

És mily egészen más ma a helyzet! Ma a földrengések tanulmányozása, a *szeizmológia*, a tudományos érdekek önálló középpontja; ma földrengéses országokban: Olaszországban, Japánban a szeizmológiai észlelés az egész országban államilag van szervezve, fő- és mellékállomásokkal, a melyek munkája sohasem pihen; ma az összes népek szeizmológiai észlelő hálózata mind sűrűbbé vá-

lik; ma minden évben, sőt minden hónapban minden, még a jelentéktelen földrengésről is számot adó jegyzékek jelennek meg; ma a földrengés irodalma majdnem kimeríthetetlen, az elmélet és a gyakorlat folytonos fejlődésben van, szóval a szeizmika a geognosiának önálló ágává fejlődött, önálló művelést követel, sokak erejére és munkájára tartván számot. Mi adja azonban meg ezt a nagy becsét? Mai ismereteinknek minő is az állapotuk és mi a történetök? Mit akar az összes népek versenye? Merőben olyan kérdések, melyeknek époly nagy a tudományos, mint művelődés-történeti fontosságuk, a melyekre ennél fogva a következőkben akarunk felelni.

### I.

A földrengésnek, még pedig a lisaboninak és messzeható kisérő jelenségeinek első, valóban tudományos leírását a híres Kant-nak köszönhetjük és nem mondunk sokat, ha azt állítjuk, hogy értékezése a földrengésről szóló tanításnak új korszakát nyitja meg. Arra a rettenetes eseményre és rém-ijedelemre, melyet a lisaboni mindenütt okozott, 1783-ban a kálábriai, szintén rendkívül pusztító földrengés következett. A népek figyelmét a Földnek ilyenén érthetetlen működése erőszakosan magára vonta és különösen Olaszországban, Európának földrengésekben első országában, mindig ébren is tartotta. A mult század utolsó harmadában új

\* G. Gerland cikke a »Deutsche Rundschau« 1898. évi folyamában.

tudományként hatalmasan előretörő geológia a földrengésben azonnal kiválóan fontos feladatra talált. Első sorban tényleg a geológusok voltak azok, kik szeizmikus tanulmányokkal foglalkoztak, minthogy a földrengésnek legelterjedtebb magyarázata ma is lényegében geológiai. A jelenség tudományos részének elsősegét adtak a gyakorlati résszel szemben; figyelmesebben észleltek, a krónikákban elszórt régiebb és az újkornak mind számosabbá váló újabb földrengés-hireit nagy jegyzékekbe gyűjtötték össze, minőket Hoffnak, Perrey-nek, Mallet-nek, Volger-nak, Juché-nak és másoknak köszönhetünk és minők a szeizmológiára nézve tagadhatatlanul nagyon fontosak is. Ezekből első sorban kiderül, hogy közvetlenül érezhető földrengés távolról sincs mindenütt, hanem a földkéreg kiemelkedő nagy redőzeteihez, a láncz-hegységekhez, minők az Andesek, Alpések, a Himalája, továbbá a Csendes-óceánnak, az Antillák öblözeteinek és a Földközi-tengernek partjaihoz van kötve, olyan helyekhez tehát, melyek nagy törések, különböző zavargások nyomait viselik és egyúttal a tűzhányó hegyek hazái is. Végül úgy látszik, mintha az is kiderülne belőlök, hogy a földrengés az északi féltéken télen, tehát a napközelség idejében gyakoribb. A nagy földrengések leírása továbbá a földkéregnek kettős mozgását ismertette meg, ú. m. egy fel- és leszállót és egy vízszintes, gyakran szintén igen erős hullámozó mozgást. De azokat a pusztításokat, melyeket ezek a lökések és hullámok az épületeken okoztak, továbbá a rengéseknek a Föld felszínén való rendkívül gyors és messzeható terjedését is nagy igyekezettel tanulmányozták, és mikor 1856-ban nagy földrengés pusztított Nápolyban és Calabriában, Mallet Róbert angol természetbúvár volt az, ki e földrengés alap feldolgozásában bizonyítani igyeke-

zett, hogy a lökések irányából, melyet az épületeken és falakon észlelt repedések főirányával egybeesőnek vett, megállapítható a földrengés kiinduló pontjának helyzete a Föld kérgében és megállapítható a földrengés iránya. Olyan nézet ez, mely a szeizmológiában sokáig uralkodó volt. Még nagyobb hatású volt a közép-német nagy rengés, mely 1869-től kezdve néhány évig a felsőrajnai alföld északi részét, Mainz, Grossgerau, Darmstadt vidékét nyugtalanította, s melyet Seebach Károly göttingai geológus dolgozott fel. Seebach-nak főtörekvése volt, hogy lehetőleg sok helyről a rengés beálltának lehető pontos időmeghatározását szerezzék meg; ezekből megkaphatja azt a helyet, hol a rengés először és leg-erősebben jelenkezik, az epicentrumot, mely a Föld belsejének épen azon pontja felett fekszik, a honnan a mozgás eredt; továbbá olyan helyeknek sorozatát, melyekben a rengés egyidejű és egyenlő erejű volt. Ezeket a helyeket a Seebach-tól közel köralakúnak vett vonalakkal, az ú. n. homoszeisztákkal köthetni össze. A homoszeiszták természetesen annál messzebb fekszenek az epicentrumtól, minél későbbben és minél gyengébben jelenkezett rajtuk a rengés; segítségével kiszámíthatjuk azt a sebességet, mellyel a rengés, a földhullám halad; azért is fontosak, mert Seebach megpróbálta, hogy belőlök a tulajdonképi kiinduló pontot, a rengés keletkezésének földalatti helyét egyszerű matematikai úton kiszámítsa.

Mindezen törekvések közepett mindinkább előrehaladt az a nagy átalakulás, mely évszázadunk jellemvonását adja, bár maga épen korunk fejlődése fokának folyománya: a Föld fölfedése, a térnek és időnek a gőzzel és elektromossággal való leküzdése. Ez az óriási esemény a földrengés tanulmányozását ép úgy, mint egész életünket teljesen átalakította. Most

vált csak lehetségessé, a mi a szeizmológiára nézve nélkülözhetetlen és alapvető: a földrengések összehasonlító tanulmányozása a mindenünnen való gazdag anyag alapján. Most szervezhette az angol Milne J. Japánban a rengésre vonatkozó szolgálatot, a mely Olaszországban már régen be volt rendezve. A két anynyira távol fekvő észlelő hely eredményei egymással egyeznek; továbbá a japáni, indiai, amerikai földrengéseket Olaszországban, Oroszországban, Németországban, Angolországban ugyanazon időben lehetett észlelni és így újabb, eddig nem sejtett tér nyílt, mely immár messze meghaladta a pusztán geológiai felfogást.

Ez azonban csak századunk egy másik vívmánya révén történhetett, a mely tette tulajdonképen lehetővé a valóságos szeizmológiát, a Föld szeizmikus viselkedésének tudományos megismerését, t. i. a technika rendkívüli fejlettsége következtében a földrengésnek műszerrel való észlelését. Előbb csakis a tényleg érezhető földrengéseket észlelték, ma pedig a földkéregnek oly ingásait is megfigyelik, melyek a milliméternek ezredrészére sem rúgnak, melyeket tehát az emberi érzékek teljességgel nem vesznek észre. Ezeket tetszés szerinti nagyításban olvassuk le szeizmométereinken, melyek a földrengéseket fotográfiailag regisztrálják. Szeizmoszkópok, azaz olyan eszközök, melyek valamely földmozgás bekövetkezésének pontos idejét, esetleg látszólagos irányát jelzik, már régen voltak; valamely szeizmikus ingadozás egészének észlelésére és ábrázolására azonban új eszközök kellettek, melyeket a különböző nemű vízszintes és függőleges ingákban meg is találtak. Az utóbbiakat különösen Olaszországban, az előbbieket Angolországban, Japánban és Németországban használják majdnem kizárólag. A vízszintes ingát 1832-ben Németországban H e n g l e r találta fel, azután Z ö l l n e r abban a tudo-

mányos célra használható alakban állította elő, a melyben az angolok (Milne), németek és mások különböző alkalmakkor használták. Legtökéletesebb, a legfinomabb szeizmikus észleletekre legalkalmasabb alakját a korán elhalt Dr. Rebeur-Paschwitz Ernő csillagásztól és geofizikustól kapta, úgy hogy a vízszintes inga, néhány apró változtatás után és háromszoros összeállításban, ma a legérzékenyebb és legpontosabb szeizmométerünk. Mozcásait és igen pontos időadatait fotografózzák.

A rengések mikroszkópi vizsgálata és a rengések nagy kiterjedése a Földön a szeizmológiát az utolsó 20 évben ismét újabb fokra emelte; sőt mondhatjuk, hogy az exakt kutatás csak vele kezdődött.

Ez a modern szeizmika számos előbbi eredményt igazolt; így a rengések lokalizálását a Csendes-óceán, a Földközi-tenger partjain, a Föld lánczhegységeinél, épúgy a homoszeiszták és az epicentrum fontosságát; ellenben nagyban módosítja a terjedés sebességének eddigi számításait; a rengések idő szerinti elosztását (télien való gyakoriságukat) nagyon bizonytalannak tünteti fel; a centrumnak eddigi meghatározása módjait pedig, mint elégteleneket, visszautasítja. E mellett azonban sok újat tár elénk; elsőben azt a fontos ténytet, hogy a földkéreg soha sincs nyugton; hogy egész sereg, igen különböző mozgása van, a melyek nemcsak szeizmikusak. Így a Hold vonzása következtében időszakonként felduzzad, árapálya és dagálya van; más mozgásokat a Nap melegének napi és évi járása okoz.

Csak hogy a valódi földrengések, tehát a Föld mélyéből támadó mozgások szintén nagyon különfélék. Itt vannak először a közvetlenül érezhető földrengések, a hatalmasan pusztítókon kezdve, az egészen helyi, alig érezhető lökésekig; ezek közvetlen hatásairól a mikroszkópi esz-

közök lényegileg újra nem tanítottak minket. De nagyon gyakran erős, sokszor órákig tartó, érzékeinkkel teljesen érzhetetlen mozgásokat jeleztek, melyekről sok esetben bebizonyíthattuk, hogy más, erős földrengéseknek távoli hatásai; oly távoli hatások, melyek az egész földkérgen végighaladnak. Ezekhez más, eddig részben még meg nem magyarázott, sokszor egészen különös mozgások sora járul; mindenekelőtt apró, gyorsan muló zavarok, melyek a fotografiai följegyzésekben kisebb-nagyobb csomóként mutatkoznak és melyeket joggal olyan kicsiny, szeizmikus zavarok távoli hatásainak mondhatunk, melyek valahol talán a nélkül jelenkeztek, hogy érezték volna őket. Helybeli rengések nem lehetnek, mert az ő zavargásuk képe egészen más. Azután, különösen bizonyos évszaktokban, a talajban meglehetősen szabályos, apró, igen lassú mozgások jelenkeznek, az ú. n. pulzácziók és végre az apró mozgások tömege, a tremor-ok, miként angol néven elnevezték, a melyek azonban megint különfélék: majd a távoli földrengések okozta nagy zavarokkal közvetlen kapcsolatban vannak mint előre hirdetőik, kísérőik, követőik, majd meg önálló rajokban, igen kicsiny alakban jelenkeznek, a nélkül, hogy magyarázatukra akadnánk; végül némelyeket arra vezethetünk vissza, hogy a talajt a szél megrengteteti.

A földrengés-hullámok nemeire, tova-terjedésökre és sebességökre különösen A. S c h m i d t stuttgarti professzor vizsgálatai vetettek új fényt. Itt — R e b e u r számításai alapján — csak a sebességre sorolunk fel néhány példát. Az 1889. április 17-iki tokiói földrengés Potsdamban, tehát 9000 km-nyi távolságban, már 13 percz multán jelenkezett. Az 1894. október 27-iki délamerikai rengés St. Jagóból (Chile) Rómáig (11,500 km távolság) 17 percz alatt ért el és Rómából

Charkovba (Oroszország, Rómától 2000 kilométernyire) egy-két percczel később. Körülbelül ugyanannyi idő alatt ért Tokióba, 17,400 km-nyi távolságra.

Végül napjaink szeizmológiájának még egy eredményét említjük fel: a tengerrengések pontos kutatását, azaz a tengerfenék szeizmikus mozgásait és e mozgásoknak a víz útján való különös tova-vitelét, a mit kitűnő térképekkel egyetemben Dr. E. R u d o l p h strassburgi tanárnak köszönünk.

## II.

A szeizmológia fejlődésének külső menetével folytonosan össze van kötve az a kérdés: mi a földrengés? hogyan ered? Jellemző és eléggé csodálatos, hogy az összes feleletek, bármily különböző tudományos állásponton álljanak is, egy földolomban mégis egyezők, t. i. valamennyi mindenkor az egész Föld jelenségeként fogja fel a földrengést. A tudósok egy része a földkéreg nagy változásait, a hogyan a Föld utolsó korszakaiban végbe mentek és talán még ma is végbe mennek, veszi magyarázatul, a melybe azonban a vulkáni vidékek földrengései nincsenek betudva; mások a rengések helyeül és okául Földünknek szilárd és heven-folyó burkolata alatt levő belsejét és folyton változó állapotát tekintik. A kétféle megfejtés el-seje a régiebb és eddig majdnem egyedül elfogadott; ez a *tektonikai* magyarázat, mert, a vulkáni talajt nem tekintve, a földkéreg szerkezetétől, a tektonikától függ; a másodikat, mely napról napra tért foglal és mely a vulkáni rengésekre nézve sem kíván külön magyarázatot, L. Fr. N a u m a n n, a híres lipcsei geológus kifejezésének felújításával, *plutói*-nak nevezhetjük, mert a Földnek ismeretlen mélységeibe száll le. Ha azonban a szeizmikus jelenségek az egész Föld tevékenységén alapulnak, itt is, mint minden nagyszabású természeti tüne-

ményben, nem fogjuk egyetlen, egységes magyarázó tanítással beérhetni és plutói rengések mellett tektonikai rengéseket is föl kell vennünk és vizsont.

A tektonikai magyarázat geológiai eredetű és joggal szorította ki Humboldt-nak régebbi plutói magyarázatát, a mely tulajdonképen csak be nem bizonyított föltevés volt; egységesen először Volger Ottó fejtette ki 1858-ban, miután mások már egyes hasonló magyarázatokkal éltek. Önálló további kutatásában csatlakozott hozzá Hoernes Rudolf, Suess Ede, a legtöbb német, francia, angol földrengés-kutató. Nézetök a következő:

1. A földkéregben nagy üregek vannak, melyekben hatalmas omlások támadnak; a földrengések egy részét ezek okozzák.

2. A Föld kérgét a Föld hülése okozta folytonos összehúzódás a legkülönbözőképen zavarja meg. Egyes rögökre töredezik, melyek a legkülönfélebb módon tolódnak el, vízszintesen, függőlegesen; hatalmas hegyláncokra van gyűrődve, a melynek boltozatai feltörhetnek, ismét elmozdulhatnak. Így a Földet a rögök és redők mozgása folytonos működésben tartja, a mitől azután földrengések keletkeznek. Sőt Suess, a nagy osztrák geológus, a hegység redőzeteihez mérten minden egyes típusnak megfelelő külön földrengés-típust is elsorol.

3. Minthogy ez állapot a földkéregben mindenütt feszültséget okoz, megeshetik, hogy valamely távoli földrengés ily feszültségeket gerjeszt és ezzel ismét földrengés, gerjesztett vagy átvitt földrengés támad. Ezek szerint a vulkáni földrengéseken kívül omlásbeli, szoros értelemben vett tektonikai és gerjesztett földrengéseink vannak. A földrengést okozó erő forrása e magyarázat szerint az, hogy a földkéreg nem kész valami, továbbá a nehézség s a megleveszteség.

És vajjon e felfogás valószínűsége nem nagy-e? Nem látunk-e a Föld felszínén egészen egyező jelenségeket, különösen földrengés, hegyomlás, szakadék keletkezésekor, sülyedéskor stb.? És mikor az Alpések fölemelkedtek, mikor a Vogesek és a Schwarzwald közt a rajnai alföld le-süppedt, nem kellett-e a leghatalmasabb elmozdulásoknak, töréseknek, zúzásoknak beállniok? A ki ma kelet felől halad át a Vogeseken, nem megy-e, mint valami óriási lépcsőzeten csupa meredekségen és törésen föl a hegység tetejére? És miért ne fordulhatnának elő ezek a jelenségek, melyek a Föld előbbi korszakaiban és a hozzánk oly közeli harmadkorban annyira nagy méretekben voltak meg, még ma is?

Mindez annyira elfogadhatónak látszik, hogy eddig általában elfogadták; természetesen nem kivételek nélkül.

Csak éppen megemlítjük Faib elméletét, a ki régebbi nézetekre támaszkodva, a földrengést a Föld heven-folyó belsejének árapályából akarja magyarázni; ezt is csak ama sikere miatt említjük meg, melyet teljesen nem tudományos jóvendöléseivel kapcsolatosan ért el a nagy közönség körében. Figyelemreméltóbb a francia és különösen az elzászi geológia nesztorának, Daubrée-nak nézete, ki a vulkáni és nem vulkáni vidékek földrengéseinek teljesen egyforma jelenségeit nem akarta különböző okokra visszavezetni és valamennyi földrengést túlhevített gőzökkel próbált megmagyarázni, melyek állítólag a beszivárgó felületi vízből támadtak volna. Ezt a föltevést sem kell czáfolni.

De a földrengéseknek látszólag annyira elfogadható tektonikai magyarázata is nagy nehézségekkel áll szemben. Hogy azonban ezeket kellőleg megítélhessük, a Föld belsejének mibenlétéről kell igen röviden képet adnunk.

A Föld középpontjának távolsága a

felszíntől középszámban 6370 km. A mélységgel nő a hőmérséklet; tegyük fel, hogy  $1^{\circ}$  C. növekedésnek 40 m mélység felel meg, a mi mindenestre mérsékelt fölvétel, úgy 1000 km-nyi mélységben már 25,000<sup>o</sup> meleg van. Ha e helyett csak 15,000<sup>o</sup>-ot veszünk fel, ebben a mélységben már akkor is csak gázokra, még pedig egyszerű gázokra számíthatunk, mert ily hőségben minden anyag gázállapotot ölt és az összetett gázok elemeikre bomlanak szét. Valószínű, hogy valamennyi kőzet már körülbelül 100 km-nyi mélységben heven-folyós, mert ebben a mélységben a hőmérséklet már 2500<sup>o</sup>. A hőfokkal azonban a Föld sűrűsége is nő. A földkéreg ugyanis körülbelül 2·5—3-szor sűrűbb, mint a  $4^{\circ}$  C. tiszta víz, ez a sűrűség a Föld középpontja táján pedig 11-en felül, tehát mintegy 4-szeressé növekszik. A vas sűrűsége 7·8, tehát a Föld kérgénél háromszorta tömöttebb; de a Föld legnagyobb mélységében a tömötségi a vasénak még 1·4-szerese. Ehhez járul a rengeteg nagy, a középpont felé állandóan növekvő nyomás, mely a középpontban, Fisher Osmond angol geofizikus számítása szerint, egy angol négyzet hüvelykre mintegy 3 millió atmoszféra vagy  $1\text{ cm}^2$ -re 500,000 atmoszféra. Ezekből a viszonyokból: óriási nyomás, rengeteg hőfok és sűrűség kíséretében, az következik, hogy a Föld belseje disszocziált, nagy merevségig összenyomott gázokból áll, melyek maguk részéről is, mivel kiterjedni iparkodnak, óriási ellennyomást fejtenek ki. E gázok a Föld színe felé minden megszakítás nélkül heven-folyó anyagba mennek át, a mely ismét a belső gázoktól összenyomatva, époly folytonosan és hézagok nélkül jut a szilárd állapotba. A nyomás a szilárd földkéregnek alsó részében is még mindig nagyon magas, annyira nagy, hogy a legszilárdabb kőzetek lappangóan plasztikus állapotban vannak, azaz a mozgató erőkkel szemben

úgy viselkednek, mint a formálható agyag és, miként ez, törés nélkül deformálódhatnak; itt benn tehát a szakadékok, vetődések, üregek és hasadékok teljesen ki vannak zárva; efféle csakis a földkéreg legfelső rétegeiben lehetséges.

Alapos ok ez a földrengések tektonikai magyarázata ellen; de a földrengések középpontjának mélysége is ellene szól. Láttuk, hogy Seebach a földrengések kiinduló pontjának mélységét a rengéses hullámok mozgásából számította s nem találta nagyinak. Azonban, miként Schmidt kimutatta, számítása fizikailag helytelen föltételeken alapszik; Schmidt-nek nagyjában bizonyára helyes számítása szerint a charlestoni földrengés (1886) centruma 120 km-nyi mélységen feküdt, a mely mélységben tektonikai mozgásokról szó sem lehet már. Hiszen 100 km-nyi mélységben már minden heven-folyó. De továbbá a lissaboni földrengést, ha a tektonikai magyarázatot fogadjuk el, a vidék egész mivoltából ítélve, csakis beomlás okozhatta. Mekkora képzeljük azonban a beomló rögot, mily mélyre képzeljük az esést vagy csuszamlást, hogy a Földet annyira megrendítse, hogy Lissabon elpusztuljon és Európa Csehországon túl is megrendüljön? Honnét vesszük ehhez a lehetőséget, a tért a Földnek teljesen összeszorított belsejében? És a Föld belsejében végbemenő ily rögtönös sülyedés a felszínen sehol nyomot, sülyedést ne hagyott volna hátra? Milne John Japánra nézve 1885—1892-ig nem kevesebb, mint 8331, részben egészen erős földrengést számított össze; J. Schmidt, az athéni csillagvizsgálónak volt igazgatója, 1870—1873 közt csak Phokiában 300 erős, vészes és 50,000 könnyű rengést számílt, de változásokról, sülyedésekről a Föld felszínén szó sincs, legfeljebb csak hegycsuszamlás (pl. a Parnasszuson) és szántóföldek vagy más laza talaj összefutása

fordult elő; ide tartozik a lissaboni molo híres elsüllyedése is.

Míndez oly határozottan ellene szól a földrengések tektonikai magyarázatának, hogy semmiesetre sem fogadhatjuk el egymagában. De még annak az időnek hatalmas mozgalmi és rázkódtatásai sem bizonyíthatnak semmit, a mi időnket illetőleg, a mikor a nagy hegységek, az Alpések és a Himalája emelkedtek ki. Akkor a Föld viszonyai, mechanikai munkája és munkaereje egészen más volt; az utóbbi jóval nagyobb és hevesebb volt, mint jelenleg, miként az akkori vulkánok száma és ereje igazolja, melyekkel szemben a mieink majdnem elenyésznek. Hogyan folyt le ez a mechanikai munka, arról ma nem igen lehet fogalmunk. A rajnai alföldhöz hasonló süppedés mindenesetre heves földrengéssel járt; de miképen ment végbe, nem tudjuk, mert ily eseményeknek még analógiái nélkül is szűkölködünk.

Mínthogy azonban Földünk kérgének legfelső rétegei nagyon eltérdelődtek, szakadékokban és üregekben gazdagok, nyilvánvaló, hogy omlások, csuszamlások, kisebb feszültségek kiegyenlítéseikisebb, tisztán helybéli földrengéseket bizonyára előidézhethetnek; de igazán nagy rengéseket, melyek hullámai messze terjednek a Földön, a földkéreg természeténél fogva e legfelső rétegekben így magyarázni nem lehet; a nagy rengéseknek a földkéregnek sokkal mélyebb részeiben kell eredniök. Ott, a hol a belső hatalmas gázgolyó lassanként a hevenyolyó rétegbe, és ez szilárd kőzetekbe megy át, a halmazatok átmeneteinek ez övében folytonos, heves mozgásnak kell uralkodnia. A Föld belsejében levő gázokra ható nyomás itt kisebbedik, épúgy a szertelen hőség, a mi nem történhetik változás nélkül: a hőség és nyomás majd kisebbedik, majd megint emelkedik, de még mindig igen nagy marad. A

disszocziált gázok egyesülnek, majd ismét széjjel válnak, a mi nem lehet elnagy robbanások nélkül. A Föld belsejében óriási mennyiségű víz van, még pedig nem a felületi víz beszűrődése következtében. A vízgőz igen nagy hőfokon elemeire, oxigénre és hidrogénre bomlik, melyeknek újraegyesülésével keletkeznek azok a heves robbanások, miket mint durranógáz-robbanásokat ismerünk és melyek a Föld belsejének ez övében (mint más hasonló jelenségek) bizonyára igen sűrűn és nagy erőfeszítéssel mennek végbe. Ily robbanások leginkább a hűvösebb és kevésbé ellentálló oldal felé irányulnak, tehát nem befelé, hanem a földkéreg felé, még pedig a legkisebb ellentállás irányában, tehát a háborgás vonalait, a földkéreg redőzeteit mentén hatnak, a hol tényleg a földrengések székhelye van is. Ilyen rendítések, melyek a földkérget belülről érik, okozzák a legtöbb földrengést; különösen erős robbanások okozták a lissaboni, charlestoni hatalmas, pusztító, mélységes rengéseket. A szeizmikus és vulkáni jelenségek rokonsága ekként tisztán áll szemünk előtt.

### III.

A szeizmikus jelenségeknek azonban még egész sorát nem magyaráztuk meg, pl. a kis hullámokat, a tremor-okat és a talajingadozások csodálatos rendellenességeit. A függőleges ingakészülék följegyzései, melyek e talajingadozásokat ábrázolják, az egymás fölé húzott vonalaknak majdnem feloldhatatlan útvonalakat alkotják.

Mindenesetre nagyon fontos tény előtt állunk itt, mely a szeizmikus kutatást rendkívülien megnehezíti. Mi a földrengések lökéseit sohasem érezzük és figyeljük meg saját magukban, soha közvetlenül se egyet, se sokaságukat, hanem mindig csak a tőlök a rugalmas földkéregben okozott hullámmozgásokat. Ezek pedig,

még ha több pontból erednek is, azonnal *egy* nagy gömbhullámba egyesülnek, a mely az indító ok erejéhez mérten több vagy kevesebb ismétléssel halad tovább a Föld belsejében. A földkéregnek ily gömbhullám okozta rengése az, mit eszközeink mint földrengést ábrázolnak. Földkérgen azonban nem a Föld felszínét szabad érteni, a melyen mi élünk és mely laza, időverte, számtalan ok felaprózta anyagból áll, hanem az ezen anyagot hordó, gyakran nagyon mélyen fekvő szilárd földkéreg, melyen át a gömbhullámok kilépnek. És valamint a tenger hullámai a parthoz ütődve, megváltoznak, megoszlanak, elszakadnak, feldobódnak stb., szóval zajlanak: úgy zajlanak az erősen töredezett földfelületen a szeizmikus hullámok, zajlanak a törmeléken, kavicsos, töredékeken, homokon, földeken, szakadékokban, hasadékokban stb. Mi tehát az eredeti gömbhullámokat sem észleljük, hanem csak nagyon elforgácsolt alakjokat, feloszlásukat számtalan egyes hullámokra, melyek a legkülönbözőbb irányba eltérítve jutnak hozzánk. Itt látjuk legvilágosabban, hogy *M a l l e t* kísérlete, hogy a lökés irányából a földrengés középpontját és eredetét megállapítsa, teljesen elhibázott volt. Tudományos következtetést csak a mozgás kezdeti idejéből, tartamából és erejéből vonhatunk. Így világos, hogy számos tremor (de épen nem valamennyi) ebből az elforgácsolásból támad; világos, hogy a földkéreg egy pontjának ebben az összekuszált hullámmozgásban rendkívül bonyolódott pályát kell leírnia; világos, hogy a hullám széteszlása szilárd talajon gyengébb, mint lazán; hogy az előbbi, mert a mozgást egyenletesebben vezeti, kevésbé veszélyes, mint az utóbbi; és végül, hogy az így sokszorosított hullámok egymást zavarják, gyengítik, erősítik, egymás fölé tolódnak, ép úgy, mint a víz hullámok. Innen magyarázhatók a

földrengéshidak, azaz olyan helyek, melyek ismétlődő földrengéskor mindig nyugton maradnak, azért talán, mert szilárdabbak, vagy, mert rajtok a hullámsorok keresztezés útján megsemmisülnek.

De a hangjelenségek, melyek a földrengést oly gyakran kísérik, szintén csak a hullámok illetén elforgácsolódásának és a levegőbe való kilépésöknek eredményei, mert hisz a levegő hullámmozgásait érezzük, mint hangot. Ebben a tekintetben hallásunk finomsága bámulatos, mert nem ritkán mint lég-hullámokat érzünk, azaz olyan szeizmikus mozgásokat hallunk, melyeket tapintás segítségével mint talajmozgásokat már nem érzünk. A földrengés dőreje, épen mint a zivatarok dörgése, a légrezgések sorából támad, melyek közül a legközelebbit és egyúttal legkésőbbit legelőbb, a legmesszebbet és legelső utóljára halljuk. A földrengések dőrejének különböző hangszínezete annak folyamánya, hogy vagy kicsiny, hegyes darabokból indul (csengés, zörgés, sziszegés), vagy homokból és földből (tompa zúgás), fából (sziszegés) stb. A szakadékokban támadó visszhang nem ritkán erősíti a hangot; a felülről, látszólag a levegőből eredő dörgéseket a fából, házakból stb. fent kilépő földrengéshullámok okozzák; a hullámoknak gyakran egészen különböző irányát és erejét különböző házakban vagy ugyanazon ház különböző helyiségeiben a házak, helyiségek eltérő rugalmassága magyarázza. A földrengések valódi természetére és okára ezekből a dőrejekből azonban egyáltalán nem lehet következtetni.

#### IV.

A szeizmikus tanulmányoknak gyakorlati haszna nincs; mindenféle jövődőlés, még ha néhanapján be is üt, teljesen tarthatatlan. Ma csak azt mondhatjuk, hogy némely vidék és idő hajlandóbb a földrengésre, némely talaj ve-



szedelmesebb ; ez azonban még nem gyakorlati haszon.

Mi tehát az egyesülés oka, a melyért a népek és egyesek oly állandó és nem is kicsinylendő költségbe verték magukat, mint a minőket a szeizmika megkövetel.

K a n t-ot, a filozófust, a *Föld és Mindeuség* fizikájához a feladat nagysága és újsága vonzotta, vonzotta a rendkívüli szemlélet. Ő, ki az emberiséget szellemi összességében és egységében tette a tudományos kutatás tárgyává, korát megelőzve, geniálításában egy pillantással látta a Föld és a világ egészét és a legnagyobb feladatok halmazát, mely e felfogásból következik. És a modern tudomány elfogadta ezt a felfogást, magáévá tette e feladatokat. Mert főkép századunknak folytonos munkája szerezte meg a tudomány számára annak a lehetőségét, hogy az élet nagy nyilvánulásait, az emberiséget, a Földet, mint ilyeneket fogja fel és fejtegesse tudományosan. És valamint az emberiségnek, mint egységes társadalomnak tanulmányozása az új törvények egész rendszerére vezet : ép úgy erre vezet a Föld egész tömegének, összes munkájának tanulmányozása.

A Föld *külsőleg* szükségleteinknek meg van hódítva ; *belsőleg* is meg kell hódítani ismereteinknek. A mai ember nem tűr életében titokzatosat és érthetlent.

A Föld még ma is az, a mi keletkezésekor volt, azaz olyan gömb, melynek gázai (a levegő) meghatározott felületi határ nélkül mennek át a világtér éterébe. Csakhogy az előbb egységes gázgömb most meg van zavarva : a ritkuló, erősen lehűlő gázokat az erősen összeszorított, forró gázalaktól aránylag nagyon vékony, külsőleg szilárd, belül heven-folyó anyag választja el. Ha ezt a gáztömeg lehülése útján előálló héjat el tudnók távolítani, a Föld ma is — kicsi voltát nem számítva — olyan volna, mint a Nap. A Föld belsejének legfelső gázai azokhoz a

gázokhoz hasonlóak, melyek a Nap felületét alkotják ; miként emezek, ők is folytonos mozgásban vannak és a mi ott a napfáklyákat teszi, itt mint az a hatalmas gázrobbanás jelenkezik, melyet a földkérgen át mint földrengést érzünk. A földrengést ilyformán mint a Föld testének hő, nehézkedés, nyomás útján való kiegyenlítődsét ismerjük meg. Ez a kiegyenlítődsé a Föld különböző korszakában erőben és mozgásban más és más s a Föld öregbedésével lassan fogy ; azért a Föld előző szakainak mechanikáját nem szabad csak úgy a mi korunk jelenségeire alkalmazni.

Földrengések dolgában első feladat a Földnek minden részéből való anyag gyűjtése. Az észleletek hosszú sorára van szükségünk, hogy a szeizmikus működésre vonatkozólag a megfigyelt tények különböző voltát, a középértékeket, esetleges periodusokat — talán épen a napfoltok periodusával való, már annyszor állított meg egyezését — megállapíthassuk. A szükséges munka rengeteg nagy, mert mindenütt állomásokat kell felállítani, az észleleteket össze kell gyűjteni, összehasonlítani, tudományosan feldolgozni. Mindezt csak a nemzetek együttes működése, a kutatásnak nemzetközi összesítése útján érhetjük el.

És épen a szeizmika az, a melyben pontosságával és kitartásával mindenki sokat tehet. Hamburgban egy gazdag magánzó állandó észlelés céljából háromszatú vízszintes ingát állított fel, s legnagyobb sikerrel észlel ; példáját követni kellenne. Mégis csak van abban valami, hogy az ember a maga jó fundamentumú pinczéjében teljes nyugalommal és biztossággal olvashatja le Japán, India, Amerika, Izland földrengéseit ! És minél több a használható megfigyelés, minél különbözőbb helyről ered, annál nagyobb és maradandóbb a tudomány nyeresége.

Közli DR. LAKITS FERENCZ.