

A NEHÉZSÉG ÉS A MÁGNESES ERŐ NIVÓFELÜLETEI- NEK ÉS VÁLTOZÁSAINAK MEGHATÁROZÁSÁRÓL.

Az 1900-ik évi párisi physikai congressus elé terjesztett jelentés

b. EÖTVÖS LORÁND-tól.

A nehézségre vonatkozó kutatások az utolsó évtizedek rendszeres munkálatai által ma már a részletezés állapotához jutottak. Nem elégszünk már meg az ezen erő változásaira vonatkozó általános, közelítőleg az egész földre érvényes szabályok felállításával, hanem e változásokat helyről-helyre kutatva azoknak pontosabb és pontosabb megismerésére törekszünk. Ennek a kutatásnak eredményei nemcsak a geodetára és a physikusra, hanem a geologusra nézve is érdekesekké kezdenek válni.

A terv, a mely szerint ez a kutató munka mind ez ideig folyt, a nehézség irányának és nagyságának meghatározása volt lehetőleg sok, lehetőleg jól megválasztott egyes pontokban; segédeszközök gyanánt erre majdnem kizárólag az inga és a libella szolgáltak.

Előadó a congressus figyelmét e tervszerű munkának egy újabb kiegészítésére kívánja irányítani. Ez maguknak a nehézség változásainak egyes pontok körül, vagy szigorúabban kifejtve az ezen erőt előállító összetevők differentiálhányadosainak közvetlen meghatározása egyes pontokban. Előadó 1896-ban a WIEDEMANN Annalenben közzétett értekezésében kimutatta ennek lehetőségét, s e célra berendezett torsiómérlegeivel ilyen méréseket tényleg jó sikerrel eszközölt. A kérdésnek rendszeres tanulmányozása ezen az úton valóban ismereteink nem megvetendő gazdagodásával kecsegtet. Mert hiszen az erő differentiálhányadosai

egy pontban megállapítják ott a nivófelület görbületét, főgörbuleteinek irányát s az azok közötti különbséget, kifejtik az erő irányváltozásait, illetőleg az erővonal görbületét, lehetővé teszik a nivófelületen az egyenlő nehézségű vonal érintőjének kijelölését és megadják a nehézség változásának gradiensét. Mindezek az adatok értékes útmutatással szolgálhatnak valószínű tömegeloszlásokra vonatkozólag, melyek a nehézség e változásait okozhatják.

Az ilyenmű kutatások rendszeres eszközlése mellett szól még az észlelési módszer nagy érzékenysége is, mely oly kicsiny különbségek felismerésére képesít, minők az inga megfigyelői előtt mindeddig rejtve maradtak és az a kétségbevonhatatlan haszon, melyet egy új módszer alkalmazása az által nyújt, hogy a réginek adatait ellenőrizni, esetleg tévedéseit felderíteni képes.

A mit itt a nehézségre vonatkozólag mondtam, azt kiterjeszthetem a másik talán még rejtélyesebb földi erőre, a földi mágnesiségre is. Az idézett értekezés magában foglalja azon módszerek leírását is, melyek ugyancsak a torsióinga segítségével a mágneses erőösszetevők differentiálhányadosainak meghatározására szolgálnak.

Legyen azért megengedve nekem, e tudós gyülekezet előtt kifejteni álláspontomat s pontosan megállapítván a feladatot, ismertetni az annak megoldására szolgáló módszereket azokkal az eredményekkel együtt, melyeket velük eddig elérhettem. Referatumom végén jövő teendőkről, tervekről is fogok szólni, melyeknek megvalósításában csak tudós társaim támogatásától várhatok segítséget.

A megoldandó feladat pontosabb megállapítása.

Valamely erőnek változását egy pont körül, három derékszögű összetevőjének X , Y , Z -nek az x , y , z derékszögű összrendezők szerint képezett első differentiálhányadosai által fejezhetjük ki. Ez a kilencz differentiálhányados a változások módját teljesen előállítja akkor, ha oly kicsiny terekben maradunk, melyekben az

erőt a térbeli összrendezők lineáris függvényének szabad tekintenünk.

A nehézségerő esetében mint általában mindig akkor, ha az erőnek potenciálfüggvénye van, e kilencz differentiálhányados értékei között négy összefüggés áll fenn, ezek:

$$\frac{\partial X}{\partial y} = \frac{\partial Y}{\partial x} = \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y},$$

$$\frac{\partial Y}{\partial z} = \frac{\partial Z}{\partial y} = \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z},$$

$$\frac{\partial Z}{\partial x} = \frac{\partial X}{\partial z} = \frac{\partial^2 U}{\partial z \partial x},$$

és

$$\frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y} + \frac{\partial Z}{\partial z} = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = 2\omega^2,$$

a hol U a nehézségnek, mint a földi tömegek vonzása és a középpontfutó erő eredőjének potenciálfüggvényét, ω pedig a föld forgásának szögsebességét jeleli.

Ez egyenletek felhasználásával a feladat megoldására, azaz a változás módjának teljes megismerésére a kilencz helyett csak öt egymástól független adat meghatározása szükséges. Mielőtt arról szólnék, hogy mérések útján ez miként eszközölhető, előbb azon geometriai és physikai jelentőségű mennyiségeket akarom itt egybeállítani, melyek a differentiálhányadosok segítségével meghatározhatók. Oly derékszögű összrendezői tengelyrendszert választok, melynek XY síkja a nivófelületet kezdőpontjában érinti, s melynek Z tengelye lefelé van irányítva, úgy hogy az erőösszetevők a kezdőpontban $X=0$, $Y=0$ és $Z=g_0$ legyenek. A tájékozást megkönnyítheti, ha az X tengelyt észak felé, az Y tengelyt nyugat felé irányítva gondoljuk. Helykimélés és ismétlések kikerülése végett, a felsorolandó mennyiségek mellé «v. th.» jelzéssel már itt odairom azoknak észleleteim helyére Budapestre ($\varphi=47^\circ 5'$) vonatkozó theoretikus értékeit, a mint a BESSEL-féle ellipsoidnak

$$a = 637,739\ 700\ \text{C.}$$

$$b = 635,607\ 800\ \text{C.}$$

értékeiből és a HELMERT-féle formulából:

$$g = 978,00 (1 + 0,0053100 \sin^2 \varphi)$$

C. G. S. egységekben kiszámítottam.

Egyszerű megfontolások útján a következő az összrendezők kezdetpontjára vonatkozó értékek megállapításához jutunk. A nivófelület normálmetszetének görbületére az XZ síkban:

$$\frac{1}{\rho_x} = - \frac{1}{g_0} \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \quad \text{v. th.} = 1570 \cdot 10^{-12} \quad 1)$$

ugyanarra az YZ síkban:

$$\frac{1}{\rho_y} = - \frac{1}{g_0} \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \quad \text{v. th.} = 1565 \cdot 10^{-12}. \quad 2)$$

A két főgörbület összegére:

$$\frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2} = - \frac{1}{g_0} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) \quad \text{v. th.} = 3135 \cdot 10^{-12}. \quad 3)$$

A két főgörbület különbségére:

$$\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} = - \frac{1}{g_0} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) \frac{1}{\cos 2\lambda} \quad \text{v. th.} = 4,799 \cdot 10^{-12} \quad 4)$$

ahol λ azt a hegyes szögletet jelenti, melyet az 1-el jelzett főgörbületi sík az x tengelylyel képez; e szögletet s vele a főgörbületeknek irányát adja:

$$\operatorname{tg} 2\lambda = \frac{2 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}}{\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial y^2}} \quad \text{v. th.} = 0. \quad 5)$$

A nehézség erővonalának görbületi sugarára kapjuk

$$R = \frac{g_0}{\sqrt{\left(\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} \right)^2}} \quad \text{v. th.} = 120598 \cdot 10^6 \quad 6)$$

és ezen a kezdetpontban a nivófelületre merőleges erővonal osculáló síkjának az XZ síkkal képezett szögletére:

$$\cos \mu = \frac{\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}\right)^2}} \quad \text{v. th.} = 0. \quad 7)$$

Továbbá a nehézség változásának mértékéül szolgálnak az x irányban

$$\frac{\partial g}{\partial x} = \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} \quad \text{v. th.} = 8133 \cdot 10^{-12}, \quad 8)$$

az y irányban

$$\frac{\partial g}{\partial y} = \frac{\partial^2 U}{\partial z \partial y} \quad \text{v. th.} = 0 \quad 9)$$

és

$$\frac{\partial g}{\partial z} = \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = g_0 \left(\frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2} \right) + 2\omega^2 \quad \text{v. th.} = 3086 \cdot 10^{-9}. \quad 10)$$

Magára a nivófelületen az összes változást e szerint

$$\frac{\partial g}{\partial s} = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \quad \text{v. th.} = 8133 \cdot 10^{-12} \quad 11)$$

fejezi ki, annak irányát tehát vele együtt az állandó nehézség görbéjének reá merőleges érintőjét az összrendezők kezdetpontjában a 7) egyenlet adja.

A 6) és 7) egyenletek kifejezik egyszersmind a függő irányváltozását a magassággal. Ha ε -nal jeleljük a szögletet, melyet a nehézség iránya egy z -vel a kezdetpont alatt fekvő pontban, a z tengelylyel képez, úgy az irány változásának mértéke:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial z} = \frac{1}{R} = \frac{\frac{\partial g}{\partial s}}{g_0} \quad \text{v. th.} = 8292 \cdot 10^{-15},$$

mely utóbbi érték másodperczre átszámítva, a mi theoretikus példánk esetében azt mondja, hogy a nehézség irányváltozása egy centiméter magasságban $1710 \cdot 10^{-9}$ másodperczet, 5842 méter magasságban 1 másodperczet tesz ki.

A potenciál második differentiálhányadosainak meghatározása azonban nem csupán magának a nehézségerőnek teljesebb meg-

ismerése szempontjából fontos, hanem sok irányban útmutatással szolgálhat az mindazon spekulációk körében is, melyekkel a tudomány az erő változásainak okait kikutatni törekszik. Szigorú analysis helyett valóban csak spekulációról lehet itt szó, a mennyiben egymagában az erő ismeretéből a föld felületén és annak közelében nem vonhatunk még szigorú következtetést a föld tömegének egy egyetlen olyan eloszlási módjára, a melynek az erő minden változásával együtt következménye volna. De a synthesis útján járva megállapíthatunk olyan tömegeloszlási módokat, melyek a föld felületén nyilvánuló hatásokat létrehozhatják, s azok egybevetve a föld alkotára vonatkozó ismereteinkkel, a csillagászat és a geologia útmutatásaival valószínűségben sokat nyerhetnek, egyes esetekben talán bizonyossákká is válhatnak. Földalatti sűrűbb rétegeknek, vagy üregeknek feltételezése már eddig is sok esetben szolgált a nehézség változásainak magyarázatára. Az áttekintés megkönnyítése végett fordítsuk figyelmünket a potenciálnak csak azon V részére, mely a normalis viszonyoktól eltérést okozó tömegekből ered s így a középpontfutó erőt sem tartalmazza. A vonzó tömegek elemét dm -el, ennek összrendezőit ξ , η , ζ -val, a gravitáció állandóját f -el jelelve és téve $r^2 = \xi^2 + \eta^2 + \zeta^2$, lesz:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 3f \int \frac{\eta^2 - \xi^2}{r^5} dm,$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = f \int \frac{\xi^2 + \eta^2 - 2\zeta^2}{r^5} dm,$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x \partial z} = -3f \int \frac{\xi \zeta}{r^5} dm,$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial y \partial z} = -3f \int \frac{\eta \zeta}{r^5} dm.$$

Egy pillantás e kifejezésekre meggyőzhet arról, hogy a bal oldalon álló mennyiségek nemcsak zavaró tömegek jelenlétéről tesznek tanúságot, hanem arra nézve is felvilágosítást adnak, hogy azok inkább az x vagy az y tengely irányában és csak az egy oldalon vagy mindkét oldalon, vagy túlnyomóan a mélységben

feküsznek-e. Ha egy síkságot képzelünk magunknak, melynek újabbnakó kisebb sűrűségű képződményei alatt régibb, nagyobb sűrűségű kőzetek hegyeket, völgyeket képezve vonulnak el, úgy ezek a mennyiségek a síkság néhány pontján meghatározva felvilágosítást adhatnak arról, hegyek, völgyek vagy azoknak lejtői felett állunk-e.

Egy jelentés szűk keretén túllépne e feladat megoldásának további részletezése.

A megfigyelések módszerei.

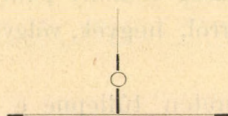
Mindazok a mennyiségek, melyeket az előbbi jegyzetben összefoglaltam, a potential második differentióhányadosai úgy mint az azok által meghatározott 1)-tól 11)-ig felsorolt mennyiségek egy helyen eszközölt mérésekkel meghatározhatók. Azokból egyet, a nehézség változását a magassággal s ezzel kapcsolatban a nivófelület középgörbületét JOLLY * Münchenben a mérleg segélyével határozta meg. THIESEN Breteuilban, SCHEEL és DIESELHORST Charlottenburgban nagy gonddal végzett méréseikkel kimutatták e biztos, de csak nagy pontosságú apparatussal és a megfigyelés legmagasabb fokú finomságával célhoz vezető módszer hasznavehetőségét. Mind a többi itt szóban forgó mennyiségek lemérésére aránylag könnyű szerrel a torsió-inga szolgálhat, abban az alakjában és azokkal a módszerekkel, melyeket szerző fent említett értekezésében 1896-ban tett közzé.

E módszerek alapgondolata a következő: Egy torsió-inga különböző részeinek nehézségei a változó erőtérben nem lévén egyirányúak a tömegközéppont nehézségének irányával, mely körül a forgás történik, forgásmomentumot eredményeznek s az inga fonalát megcsavarják. Ez a forgásmomentum:

$$F = \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) \int xy dm + \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} \int (x^2 - y^2) dm + \\ + \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} \int xz dm - \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} \int yz dm.$$

* JOLLY, Die Anwendung der Wage auf Probleme der Gravitation. Abhandl. d. Bair. Akad. d. Wiss. II. Cl. XIII. Bd. u. XIV. Bd. 1878 és 1881.

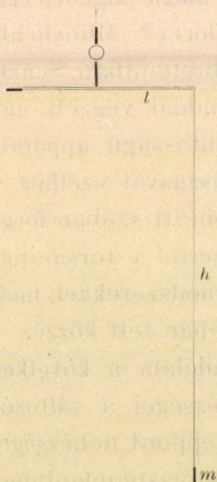
Az e kifejezésben előforduló az inga összes tömegeire kiterjesztendő integrálokat mind egy az ingához kötött tengelyrendszerre kell vonatkoztatnunk. Az inga alakjának alkalmas válasz-



1. ábra.

tása mellett ekként e forgásmomentumot jól észlelhető adatok által fejezhetjük ki.

Vizsgálataimra az ingának két fő alakja szolgál. Az első egy egyenes vízszintes rúd, a hatás növelése czéljából végei felé túlnyomó tömegeloszlással, a második egy épen ilyen rúd csak azzal



2. ábra.

a különbséggel, hogy az egyik végét terhelő tömeg mélyebben van elhelyezve, illetőleg ott kellő hosszúságú fonálon függ. Mindkét esetben arra törekedtem, hogy az inga tömegeinek a rúd tengelyére merőleges méretei kicsinyek legyenek, úgy hogy ha összrendező rendszerünk ξ tengelyét a rúd tengelyébe fektetjük,

η tengelyét erre merőlegesen és vízszintesen, ζ tengelyét pedig a nehézség irányában lefelé helyezzük, az inga összes tömeg-elemeire nézve η kicsiny s így közelítésben elhanyagolható legyen. Tekintettel e jelentés szűk keretére s az η összrendezőknek amúgy is igen kicsiny befolyására, azokat itt figyelmen kívül hagyom.

Ekként ha az inga tehetetlenségi momentumát K -val, az inga rúdja és az x tengely által bezárt szögletet pedig α -val jeleljük, kapjuk az első alakú ingára:

$$F = \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) K \frac{\sin 2\alpha}{2} + \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} K \cos 2\alpha. \quad (12)$$

A második alakra nézve pedig, ha még a függő súly tömegét m -el, ennek forgási karját l -el, tömegközéppontjának a rúd tengelyétől mért függélyes távolát pedig h -val jeleljük:

$$F = \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) K \frac{\sin 2\alpha}{2} + \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} K \cos 2\alpha + \\ + \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} mhl \cos \alpha - \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} mhl \sin \alpha. \quad (13)$$

Lássuk már most e szerkezetek mechanikáját, s az eljárást, melyet reá célunk elérése szempontjából alapíthatunk. Előbb az ingák első fajával, tehát egyenes rudak esetével foglalkozunk. Az inga drótjának csavarási coefficiensét τ -val, a torsió-szögletet pedig ϑ -val jelelve az egyensúly esetére találjuk:

$$\tau \vartheta = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) K \sin 2\alpha + \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} K \cos 2\alpha$$

az e helyzet körül végtelen kicsiny amplitudokkal végzett lengések idejére pedig:

$$\frac{\pi^2}{T^2} = \frac{\tau}{K} - \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) \cos 2\alpha + 2 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} \sin 2\alpha.$$

Az amplitudó véges értékei és az ellenállások miatt eszköz-lendő correctiók tárgyalásába itt nem bocsátkozom. Ezekről fel-

világosítást ad fent idézett értekezésem. Tegyük

$$\frac{\tau}{K} = \frac{\pi^2}{T_0^2},$$

T_0 -al jelelvén az inga lengésidejét abban az esetben, midőn reá a drót torsióerején kívül semmi egyéb erő nem hat. Ezt az értéket a fentiek értelmében mint középértékét határozhatjuk meg az inga azon lengéseiből, melyeket két egymásra merőleges helyzet körül végez. Ezzel lesz:

$$\vartheta = \frac{T_0^2}{\pi^2} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) \frac{1}{2} \sin 2a + \frac{T_0^2}{\pi^2} \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} \cos 2a, \quad (14)$$

és

$$\frac{\pi^2}{T^2} = \frac{\pi^2}{T_0^2} - \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) \cos 2a + 2 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} \sin 2a. \quad (15)$$

Az eszközök, melyekről alább lesz szó, lehetővé teszik az egész ingának szekrényestől forgatását a függélyes körül s ezzel azt, hogy a szöglet értékét kívánságunk szerint változtathassuk. Két ilyen jelzői által megkülönböztethető állásra nézve a $\vartheta - \vartheta'$ vagy a $\frac{\pi^2}{T^2} - \frac{\pi^2}{T'^2}$ a 14) és 15) alapján olyan egyenletek által fejezhetők ki, melyek a két keresett értéknek $\left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$ és $\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$ meghatározására szolgálhatnak. Az észlelő választásától függ, erre a csavarodások különbségeit, vagy a lengési idők változásait használja-e föl.

Lássunk egy példát. Legyen $a_1 = 0$ és $a_2 = \frac{\pi}{2}$, akkor:

$$\vartheta_1 - \vartheta_2 = 2 \frac{T_0^2}{\pi^2} \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$$

$$\frac{\pi^2}{T_1^2} - \frac{\pi^2}{T_2^2} = -2 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$$

ha pedig $a_3 = \frac{\pi}{4}$ és $a_4 = 3 \frac{\pi}{4}$ akkor:

$$\vartheta_3 - \vartheta_4 = \frac{T_0^2}{\pi^2} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$$

$$\frac{\pi^2}{T_3^2} - \frac{\pi^2}{T_4^2} = 4 \frac{\pi^2}{T_0^2} \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$$

Egyszerű megfontolásokkal győződhetünk meg arról, hogy a csavarodások azon állásukban a legnagyobbak, melyek a főgörbületek irányával 45 foknyi szögletet képeznek, a lengési idők változásában nyilvánuló hatás pedig akkor a legnagyobb, ha a rúd maguknak e főgörbületeknek síkjai körül leng. Okoskodásaink eredményei meglepő egyszerűséget mutatnak, a mi az azokra alapított módszernek kétségtelenül előnyére válik. Az észlelőnek nem kell itt törődnie eszközének méreteivel, nem kell bajlódnia arra vonatkozó fáradságos hossz- és tömegmérésekkel, mint az inga és a mágnesű használatánál, hogy eredményhez jusson, csak órára és szögmérő eszközökre van szüksége, melyekkel rúdjának lengési idejét és állását meghatározni tudja.

Szigorúan ez csak az egyenes és lineáris rúd képzelt esetében áll, de a transversalis méretekre vonatkozó correctiók mindig igen kicsinyek, a használt eszközöknél többnyire az eredményeknek csak ezredrészeit befolyásolják. (L. értekezésemet.)

Az egyszerűség és azzal együtt járó biztosság, melyet e módszer nyújt, szerzőt arra indították, hogy azt alkalmasan módosítván magának a gravitáció állandójának meghatározására is felhasználja. (L. f. i. értekezést.)

Térjünk most át torsió ingáink második fajának tárgyalására, arra, melynél a rúd egyik végén a terhelő súly alúlra van függesztve. Megtartva az előbb használt jelzések jelentőségét, ez esetben a csavarodás szögletét az inga egyensúlyi helyzetében a 13) egyenlet alapján a következőnek találjuk:

$$\vartheta = \frac{T_0^2}{\pi^2} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) \frac{1}{2} \sin 2a + \frac{T_0^2}{\pi^2} \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} \sin 2a + \\ + \frac{mhl}{\tau} \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} \cos a - \frac{mhl}{\tau} \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} \sin a. \quad 16)$$

Mellőzöm itt a lengési idő megállapítására vonatkozó kifejezést, mint a mely a létesítendő mérések szempontjából nem annyira érdekel. Egyszerűen következik a fenti egyenletből a méréseknél követendő eljárás. A drót megcsavarodása $\vartheta - \vartheta'$ a rúdnek bármely két a és a' irányú állása között egy-egy egyen-

letet ad, mely a keresett mennyiségek meghatározására szolgál. A rúd állásának megfigyelése öt, a kör kerületén elosztott helyzetben négy ilyen egyenletet ad. Ha teszük

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \frac{T_0^2}{\pi^2} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) &= A, \\ \frac{T_0^2}{\pi^2} \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} &= B, \\ \frac{mhl}{\tau} \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} &= b, \\ - \frac{mhl}{\tau} \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} &= a, \end{aligned} \tag{17}$$

akkor kapjuk

$$\begin{aligned} \vartheta_2 - \vartheta_1 &= A (\sin 2a_2 - \sin 2a_1) + B (\cos 2a_2 - \cos 2a_1) + \\ &+ a (\sin a_2 - \sin a_1) + b (\cos a_2 - \cos a_1), \end{aligned}$$

s a megfelelő jelzőkkel még három ilyen egyenletet.

A $\vartheta_2 - \vartheta_1$ etc. csavarodásoknak és az a_1, a_2 etc. szögleteknek lemérése az észlelő feladata. Az így meghatározott négy egyenlet megadja az A, B, a, b mennyiségek értékeit. Az észlelőnek még egy tennivalója van, meg kell állapítania a $\frac{T_0^2}{\pi^2}$ és az $\frac{mhl}{\tau}$ szorzóknak értékeit. Az elsőt a lengési idő megfigyelése, a másodikat azon csavarodás lemérése adja, melyet a logó m tömegre ismert tömegek által gyakorolt vonzás létesít. Ha például az m tömegre M tömegű golyó r középponti távolságban a rúd karjára merőlegesen hat, így a létesített csavarodás

$$\delta = f \frac{M}{r^2} \frac{ml}{\tau},$$

miből $\frac{ml}{\tau}$ értéke kiszámítható; a h hosszúságot mérőrúddal mérjük.

Így aztán teljesen megoldottuk a feladatot. A torsió-mérlegen lemérjük a

$$\left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right), \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}, \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}, \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$$

értékeit s ezzel egyszersmind ismerjük a 4), 5), 6), 7), 8), 9) és 11) alatt felsorolt mennyiségeket, a mérleg JOLLY-féle eljárás útján megadja még a $\frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$ értékét s ezt hozzá véve, ismerjük már most azt az öt független adatot, melylyel a potenciál sajátágából folyó egyenletek alapján még a többi négyet, összevéve tehát mind a kilencz differentiálhányadost meghatározhatjuk. Ha még hozzáeszzük az ingát s a felvilágosítást, melyet az nekünk ad, úgy a nehézséget egy pontban és a pont körül kimerítően ismerni fogjuk.

Mérőeszközök.

Az eszközök, melyek az itt körvonalozott mérések kivitelére szolgálnak, elvben igen egyszerűek. Torsió-ingák vagy egyenes rudak, vagy egyik végükön felfüggesztett súlylyal terhelt rudak alakjában, melyek szekrényükkel együtt függélyes tengely körül forgathatók. A szekrény irányának megállapítására vízszintes körosztályzat szolgál, a szekrényben a rúd irányának megfigyelésére pedig két tükör, melyek közül az egyik a rúdon, a másik a szekrényen van megerősítve. E két tükör segélyével a $\vartheta - \vartheta'$ csavarodási szögletet mérjük le, az α szögletek meghatározására pedig ezen kívül még a körosztályzatot is használjuk.

Magából értetődik, hogy a nagy igények mellett, melyeket ily eszközöknek ki kell elégíteniök, azoknak pontos kivitelére a kellő gond fordítandó, s különös megfontolás és elővigyázat kell arra, hogy az eszközöket kellő mértékben érzékenyekké, s érzékenységük daczára biztosan használhatókká tegyük.

Az érzékenység fokáról, melyet elérni akarunk, a lemérendő mennyiségeknek példaképen előbb felsorolt theoretikus értékei nyújtanak felvilágosítást. A torsió-inga mechanikáját kifejező 14), 15) és 16) alatti egyenletek azonban megadják az útbaigazítást arra, miként érhető az el. Nagy lengési idejű eszközökre van szükségünk. Az általam használt eszközök lengési ideje 600—1200 másodpercnyi volt, theoretikus példáinkban azokra nézve képleteinkből már több percnyi csavarodási szögletet

és egész másodperczeket kitevő lengési idő változásokat számítottunk ki. Csak arról van tehát szó, tudjuk-e ily nagyfokú érzékenysége mellett kellő mértékben biztosítani mérlegünk állását és járását az ily eszközöket többnyire zavaró befolyásoktól. Ez is lehetséges. Az arra szolgáló biztosíték kettősfalú fémszekrények használatában áll, melyek a megvédendő ingát a nélkül, hogy mozgásában akadályozzák, lehetőleg szorosan veszik körül. E célra majd csövekből összerakott, majd hosszúkás lapos parallelepipedalakú, majd lapos körhengeralakú szekrényeket alkalmaztam.

A szekrényeknek egymástól $\frac{1}{2}$ —1 centiméterre elálló kettősfalai 2—4 milliméter vastag sárgaréz lemezekből készültek, épen ilyen vastagságúak a kettőscsövek falai is, melyek a felfüggesztő drótokat veszik körül. Ilyen módon a hőmérséklet változásai a külső térben, lehetőleg egyenletesen hatolnak az eszköz belsejébe, s azt a levegő áramlásának zavaró hatásaitól mentté teszik. A minden oldalról homogén fémburkolat egyszersmind elektromos hatások és sugárzások ellenében is védelmet nyújt. Ily módon valóban meglepő stabilitást értem el, s vizsgálódásaim menetében eszközeimet, melyeket előbb csak sötét és jól temperált pinczékben mertem elhelyezni, később már a világos szobába, azután pedig a szabadba is kivittem, hol azok borús napokon vagy éjjel egyszerű vászonsátor alatt is jól megbízható eredményeket szolgáltatottak.

Az ingák felfüggesztésére rendszeren platindrótot használtam, melyet előbb már hónapokon, sőt éveken át megterhelve kinyújtottam. Jó szolgálatot tett egy drót, melynek átmérője $\frac{1}{25}$ mm., hordképessége 120—130 gr. s egy méter hosszú részére nézve kb. $\tau=0,3$ volt. Az ilyen előzetesen hosszú időn át megterhelt vékony drótot egyensúlyi helyzetének biztossága teljesen kielégítő, úgy hogy erre a célra, különösen hordozásra szánt eszközökben ezeknek adtam az előnyt a kényesebb és törékenyebb Boys-féle quarzfonalakkal szemben.

A méreteket illetőleg szolgáljon példa gyanánt egy bár nem legnagyobb érzékenyséű, inkább utazásnál használatra beren-

dezett eszköz, melyet előadó a jelen kiállításnak magyar osztályában állított fel.

Ebben az eszközben a sárgarézcsőből készített rúd hossza 40 centiméter, egyik végén a cső belsejébe tölt, másik végén felfüggesztett platinhengerekkel terhelve. Az elsőnek súlya 30 gr., a másodiké 25,5 gramm. A rudat tartó platindrótnak hossza 60 centiméter, a lógó súly középpontja 55 centiméterrel a rúd alatt fekszik. A rúd lengési ideje $T=761$ s. E méreteknek megfelelőleg az eszköz állandói

$$\frac{T^2}{\pi^2} = 58675$$

és

$$\frac{mlh}{\tau} = 80143$$

s így ez eszköz képleteink szerint theoretikus példánk esetében a főgörbületek különbségét 0,9 percnyi csavarodással, a nehézség változásait a nivófelületben pedig 4,4 percnyi csavarodással jeleznék.

Mint már említettem, itt csak kisebb érzékenységű eszközzel van dolgunk. Az érzékenység fokozása úgyszólván tetszésünktől függ, különösen azon compensáló eljárás alkalmazásával, melyet idézett értekezésemben leírtam.

Úgy hiszem sikerült kimutatnom a leírt módszerek kivihetőségét. Hozzátehetem, hogy azok könnyen kezelhető eszközökkel és kis fáradsággal vezetnek eredményhez. Sajnálatos, hogy a JOLLY-féle mérlegelési módszerről ezt nem mondhatjuk s vele a nehézség változását lefelé csak aránytalanul nagyobb nehézségek legyőzésével határozhatjuk meg. Kívánatos volna s talán sikerülni fog ennek az adatnak meghatározása is a leírtakkal lényegében megegyező módszerekkel, csak hogy a vízszintes síkban lengő torsiómérleg helyett a függélyes síkban lengő inga felhasználásával. A nehézség változásai az inga járását és állását is befolyásolják. Ez a befolyás, melynek nagysága a fentiekhez hasonló okoskodással megállapítható, a másodperczinga járását (vonatkoztatva a nehézség értékére a forgási tengelyben) ugyan-

csak mintegy egy négymilliomod ($23 \cdot 10^{-8}$) másodpercczel kisebbíti, de 10 másodperces ingánál a lengési időben már egy négyezered másodperczet, 100 másodpercznyi ingánál pedig már egy negyed másodpercznyi kisebbedést okoz. Ez a hatás a vízszintes rudak esetében, minők a mérlegrudak, ellentett irányú lesz. Súlypontjuk közelében fekvő tengelyek körül forgó rudakkal ez is megvalósítható volna; csak hogy a forgási tengely állandóságának biztosítása nagy nehézségekbe ütközik. Talán azon az úton haladva, melyen DEFFORGES ingáinak tökéletesítéséhez jutott s az ingákat LIPPMANN útmutatása szerint hosszabb időn át lengésben tartva és megfigyelve, lehetséges lesz a kijelentett czélt elérni.

Megfigyelések eredményei.

Terjedelmes, a földfelület egy nagyobb részét rendszeresen felölelő megfigyelésekre még nem hivatkozhatom. Az egyes erejét túllépő feladat ez. Itt csak olyan kisebb területeken végzett mérésekről fogok szólni, melyeket néhány hű munkatársam segítségével magam végezhettem. A megfigyelések helyei akként vannak választva, hogy azok felvilágosítást nyújthassanak úgy a síkságon, mint hegyek alján és ezek tetején, valamint épületek belsejében fellépő viszonyokról.

Kezdem a Sághegy platóján végzett megfigyelésekkel.

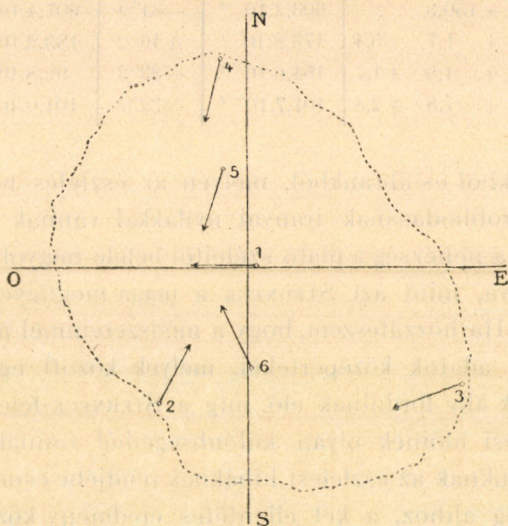
Ez a Magyarország nyugoti részében Kis-Czell közelében a síkságból kiemelkedő vulkánikus eredetű hegy a nehézség viszonyai iránt érdeklődők figyelmét különösen azon részletes megfigyelések folytán vonta magára, melyeket azon és a körül 1884-ben R. STERNECK végzett. (Mittheilungen des k. k. Militargeographischen Instituts. Bd. V.)

A majdnem szabályos esonka kúpalakú hegy körülbelül 1600 méter átmérőjű basisból 150 méter magasságra emelkedik s ott egy mintegy 200 méter átmérőjű közel köralakú sík platóban végződik. Tömegét vulkánikus kőzetek, basaltok és tuffák alkotják.

STERNECK e hegyen az ingával végzett megfigyeléseiből a többi között azon meglepő következtetéshez jutott, hogy a nehézség a

plató szélén (ábránkban 2 pontban) mintegy $\frac{1}{30000}$ részével nagyobb, mint annak közepén (ábránkban 1 pont). Olyan úgy irányát mint nagyságát tekintve feltűnő változás ez, melyet a nehézségre vonatkozó mai elméletünk aligha tudna igazolni. Legalább az a körülmény, hogy a hegy szélén 2,9 sűrűségű basaltok törnek napvilágra, a plató közepén pedig 2,3 sűrűségű tuffákat találunk, nem elegendő a magyarázatra.

TANGL K., KÖVESLIGETHY R. urak, kiket BODOLA L. tanár úr, mint geodeta támogatni sziveskedett, 1891 nyarán eszközeimmel



3. ábra.

és utasításom szerint ugyancsak megvizsgálták a nehézségi viszonyokat a Sághegy platóján. Észleléseiket a STERNECK által vizsgált helyeken kívül még két pontra, a plató szélének közelében (az ábrában 3 és 4) és ugyancsak két pontra a plató belsejében (5 és 6) terjesztették ki.

Az észlelések eredményeit a következő tábla foglalja össze. Abban x, y, z az észlelés helyének összrendezőit jelzi méterekben északi, keleti irányban és lefelé mérve. Az összrendezők kezdetpontjául a STERNECK által épített téglapillér közepe szolgál.

A $g_0 \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} \right)$ és $\frac{\partial g}{\partial s}$ alatt e mennyiségek abszolút értékeit érttem, a μ szöglet a g nagyobbodásának irányát, a λ szöglet pedig a kisebb görbület (nagyobb görbületi sugár) irányát jeleli e szögleteket északtól keleten át mérve le.

	x	y	z	$g_0 \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} \right)$	λ	$\frac{\partial g}{\partial s}$	μ
1	+ 0,1	+ 8,8	+0,7	212,9.10 ⁻⁹	-38°2	88,2.10 ⁻⁹	- 90°2
2	-104,4	- 37,8	+6,8	167,7.10 ⁻⁹	-74°2	668,7.10 ⁻⁹	+ 28°1
3	- 90,9	+150,3	?	603,2.10 ⁻⁹	-34°9	907,4.10 ⁻⁹	-100°5
4	+100,0	+ 1,7	+5,4	173,8.10 ⁻⁹	+46°2	183,2.10 ⁻⁹	-165°4
5	+ 53,9	+ 1,0	+1,7	154,6.10 ⁻⁹	-23°3	96,8.10 ⁻⁹	-153°9
6	- 66,3	+ 7,8	+2,8	401,7.10 ⁻⁹	-32°2	101,0.10 ⁻⁹	- 10°4

Ez adatokból és ábránkból, melyen az észlelés helyein a nehézség nagyobbodásának irányai nyilakkal vannak jelelve, kitűnik, hogy a nehézség a plató széleitől befelé nagyobbodik, nem pedig fordítva, mint azt STERNECK a maga megfigyeléseiből következtette. Ha hozzáteszem, hogy a módszeremmel nyert adatok olyan egyes adatok középértékei, melyek között egy százaléknyi eltérések alig fordulnak elő, míg a STERNECK-féle adatok az ingák lengési időinek olyan különbségeiből vannak levezetve, melyek maguknak az észlelési hibáknak rendjébe esnek, úgy nem férhet kétség ahhoz, a két ellentétes eredmény közül melyik a helyes. Olyan esettel állunk itt szemben, melyben az inga felmondja már a szolgálatot s kell, hogy a kérdés eldöntését finomabb testvérére, a torsió-mérlegre bizza. Különben is érdekes kis terület az a sághegyi plató. Így például az annak meredek szélétől csak 3—4 méter távolságra eső, ábránkon 3-mal jelzett helyen a nehézség változása vízszintes irányban olyan nagy, hogy a mérleg is megérezné.

Ha egy mérleget, melynek rúdja $\frac{1}{2}$ méter hosszú és a mely két oldalán egy-egy kilogrammnyi súlyokkal van megterhelve, 180 fokkal a vertikális tengely körül forgatnánk, az itt akkora kitérést mutatna, mekkora $\frac{1}{10}$ milligramm túlsúlynak felel meg.

Ugyanazon a helyen a mérésekre használt torsió-inga lengési idejében, mely normális viszonyok között 890 sec. volt, 43 sec. különbség állott elő a szerint, a mint az a nagyobb vagy kisebb görbület sikja körül lengett. Egy torsiótól teljesen ment vízszintes rúd lengésideje e helyen 4044 sec. volna.

Az elméletből előreláthatólag az erőváltozások ilyen nagy hatásaival találkozunk hegyek tövénél is, mint azt a Budapest területén fekvő Szt. Gellérthegy alján is konstatálhattam.

Sokkal kisebbek, de úgy hiszem sokkal érdekesebbek azok a változások, melyeket sík területeken találunk. Ezek a szemeink előtt rejtett földalatti tömegeknek, álláspontunk alatt elvonuló nagyobb sűrűségi lejtőknek, hegyeknek és völgyeknek megnyilatkozásai.

Budapesttől délkeleti irányban 7—8 kilométernyire fekvő szt.-lőrinczi kertemben volt alkalmam ilyen hatásokat megfigyelni. A nehézség változása itt, bár sík területen állunk, a normális változásnak mégis mintegy hatszorosát teszi ki és irányában is attól eltérést mutat. Milyen érdekes feladat volna, támogatva geodetikai mérésektől egy nagyobb területnek, például a nagy magyar Alföldnek ily irányban rendszeres átkutatása. Vagy még ennél is érdekesebb lehetne sarki expedíciók alkalmával a «*Fram*» módjára befagyott hajók közelében felállított torsió-ingák megfigyelése, melyek lassú utazásuk közben jeleznék a tenger alatti hegyeket és völgyeket, melyek felett elvonulnak.

Lássuk most, hogy állanak a dolgok egy épület belsejében, a laboratóriumban. A megfigyelés ott különösen kedvező viszonyok között eszközölhető, s helyről-helyre változó értékeket szolgáltat. Az épület falai s még nagyobb mértékben a pinczék üregei nyilvánítják befolyásukat. A budapesti egyetem physikai intézetében, a hol ilyennemű méréseket eszközöltem a $\frac{\partial g}{\partial s}$ hányadosra vonatkozó-

lag $50 \cdot 10^{-9}$ és $130 \cdot 10^{-9}$ között fekvő értékeket találtam. Az első kérdés, mely itt előáll, az: nem befolyásolják-e az aránylag nagy értékek laboratóriumi munkálatainkat, különösen a mérleg pontos használatánál. Egyes esetekben valóban előfordulhat ez,

a mennyiben a fenti értékek arról tanúskodnak, hogy egy a Ság-hegyre vonatkozólag leirthez hasonló mérlegnek átforgatása 5—13 ezred milligrammnak megfelelő kitéréseket adhatna. Különben a GAUSS-féle mérlegelési eljárás független az ilyen befolyásoktól.

Egy második kérdés az, lehet-e a laboratóriumban az épület tömegei által annyira befolyásolt értékekből következtetést vonni a nehézség változásának azon részére, a mely az épülettől független, s a melyet mint emberi beavatkozástól nem befolyásoltat az erő természetes változásának akarok nevezni. Ugyanolyan feladattal állunk itt szemben, mint mágneses méréseinknél, melyeknél, mikor az u. n. földi mágneses erőt keressük, a környezet mágneses tömegeitől kell magunkat függetlenekké tennünk. Több, kevesebb a közeli tömegek hatására vonatkozó számítással mindig lehetséges lesz ez, de e számítások nehézségeit legalább a meghatározandó adatok egyikére vonatkozólag az észlelés helyeinek alkalmas megválasztásával ki is kerülhetjük. Kimutathatjuk ugyanis, hogy a $\frac{\partial g}{\partial s}$ értékére egy olyan s irányban, mely az épületnek egy függélyes symmetria síkjára merőleges, az épület tömegei nincsenek befolyással. Épületeink legnagyobb részében találhatunk két ilyen egymásra merőleges síkot, mely a követelményeknek annyira, mennyire megfelel. Minden egyes esetben, különös okoskodásokkal és számításokkal kijavíthatjuk a symmetria hiányait.

Ezen az úton sikerült is nekem, eléggé szabálytalan intézetem helyén a $\frac{\partial g}{\partial s}$ természetes értékét megállapítani, s a különböző helyiségeiben tényleg talált egymástól nagyon eltérő értékeket erre redukálni. Intézetem az északtól délfelé folyó Duna balpartján e folyótól 1 kilométer távolságban teljesen sík területen áll. A Duna jobbpartján a budai oldalon, tehát intézetemtől nyugoti irányban hegyek emelkednek, a nehézség nagyobbodása mégis ezeknek irányában észlelhető és pedig $\frac{\partial g}{\partial s} = 53 \cdot 10^{-9}$ értéket ér el, arról tanúskodván, hogy a hegyek lejtőinek folytatása messze

a földszíne alá nyúlik. Geológiai megfontolások ugyanazon következtetésre jogosítanak.

Egy érdekes kérdés, melyben az itt leírt módszerek érdekes felvilágosítást nyújthatnak, a nivófelületek időbeli változásainak kérdése. Erre nyugvó, szilárdan felállított eszközöket használhatunk, melyeknek érzékenységét már említett compensatorommal tetszés szerint fokozhatjuk. Ennek daczára aligha számíthatunk arra, hogy oly módon lehetségessé váljon azon felette kicsiny változásoknak megfigyelése, melyeket földünk forgása következtében a nap és a hold vonzó erejükkel közvetlenül okoznak. Legalább egy város nyugtalan területén felállított eszközök erre bizonyára nem alkalmasak. De azok a változások, melyek akár kosmikus, akár földi erők folytán magának a föld tömegének eloszlásában előállanak, igen sok esetben jól megfigyelhetők. A tengerek vizének dagálya és apálya, a folyók és tavak szintjének ingadozásai, földalatti vízmedencék megtelése és kiürülése, a földtalajban visszatartott víz mennyiségének változásai, a földrengések folytán beállott tömegeltolódások, a continentális emelkedések és süllyedések mind olyan változásokat okoznak, melyek a megfigyelés körébe vonhatók. Például a Duna emelkedését és süllyedését partjától 100 méter távolban jól tudtam megfigyelni s megvalósítottam eszközömmel oly fokú érzékenységét, hogy az a tenger partjától 1 méternyire a közép vízszintnek 1 milliméternyi emelkedését egy félpércznyi szögkitérésrel tudja jelezni. Egy milliméternyi eső vize a földtalajában ugyanilyrendű változást okozna. Valóban sok érdekes tennivaló van még e téren.

Kutatásaimnak két olyan eredményéről kell még beszámolnom, a mely a nehézség főtényezőjének, a tömegek vonzó erejének általános jellemzésére szolgál.

Az egyik arra a kérdésre vonatkozik: független-e a vonzó erő a vonzott tömeg anyagi minőségétől? Ismeretes, hogy BESSEL ingáival a függetlenséget különböző anyagokra vonatkozólag mintegy egy százezeredig terjedő közelítéssel mutatta ki. Én tovább mehettem.

Gondolatmenetem röviden a következő: Valamely test nehézségét a föld vonzása és a középpontfutó erő eredőjének tekintvén következik, hogy ha a vonzás különemű anyagokra különböző volna, úgy a nehézség nivófelületeinek különböző anyagokra ugyancsak különbözőknek kellene lenniök. Egy rúd két végén alkalmazott különböző anyagú testek nehézségei ez esetben (eltekintve az æquator és a sarkok kivételes helyeitől) a torsió-ingában csavarodást létesítenének. Ez a csavarodás a rúdnak két kelet-nyugoti állása között a torsió-inga szekrényének 180 fokkal átforgatása közben volna megfigyelhető. Az erre vonatkozó kísérletek eredménye negatív volt s azt mutatta, hogy a kérdéses különbség üveg, sárgaréz, antimonit és parafára nézve semmi esetre sem lehet nagyobb mint a nehézségüknek egy húszmilliomodrésze, a levegőre nézve pedig mint annak egy százezeredrésze. Ez utóbbi eredményt légüres üveggolyók segélyével állapítottam meg. Megjegyzem, hogy e mérések, melyeket módszeremnek úgyszólván születési idejében s így kezdetleges eszközökkel végeztem, nem érték még el érzékenységük tekintetében az elérhető határt, s folytatásuk még kívánatos.

Egy másik már sokszor felvetett kérdés az, módosul-e a vonzó erő nagysága az egymásra ható testek közé helyezett tömegek által? L. W. AUSTIN és C. B. THWING 1897-ben felfrissítvén e kérdést, olyan megfigyelések eredményeit közölték, melyekkel kimutatják, hogy néhány cm. vastagságú ólom, higany, víz stb. lemezek $\frac{1}{5}$ százalékkal nem módosítják a rajtuk át történő vonzást. Ily rendű hatások különben amúgy sem várhatók, mert magának a nehézségnek zavaraiiban, sőt csillagászati jelenségekben is kellene nyilvánulniok. E kérdésben a negatív eredménynek jelentőséget csak a sokkal pontosabb igazolás adhat. Ilyent szolgáltat torsió-ingáim második típusának (lógó-súlylyal) megfigyelése napkelte és napnyugta idejében, ha az inga rúdját a napkeltének, illetőleg napnyugtának irányára merőlegesen állítjuk. Ilyenkor ugyanis a lenyugvó nap valamely pontjából az inga felső és alsó súlyához húzott egyenesek különböző hosszúságú részeikben haladnak át a föld testén. A mikor például a felső

súlyból a nap egy pontjához húzott egyenes a föld felületét épen még érinti, az alatta egy méterrel mélyebben fekvő pontból ugyanoda húzott egyenesnek már több mint 7 kilométer hosszú darabja esik magába a földre. Ha a földrétegek, melyeken át a vonzás történik, azt érezhetően módosítanak, úgy e hatásuknak az ingarúd kitérésében kellene nyilvánulnia. Számba vetve a használt eszköz érzékenységét, megállapíthattam így, hogy a földünk felső rétegeit alkotó anyagok egy kilométer vastagságban nem módosítják a napnak rajtuk át történő vonzását még egy százmilliomodrészszel sem. A mit a nap vonzására nézve találunk, azt bátran kiterjeszthetjük más égi és földi testek vonzására is.

A földi mágnesség változásai.

Az erő változásainak lemérése abban az értelemben, mint azt előbb a nehézségre vonatkozólag kifejtettem, mágneses erőkre nézve is kivihető. A mérésre szolgáló módszereket előbb idézett értekezésemben írtam le, azoknak részleteibe itt nem bocsátkozhatom. Megjegyzem azonban, hogy az ilyen méréseknél az erők kicsinysége miatt eddig nem érhettem el az érzékenységnek olyan fokát, melylyel a normális változásokat úgy, mint azokat mágneses térképeinkből megállapíthatjuk, nemesak kimutatni, hanem lemérni is tudjam. A tényleg eszközölt mérések azonban azt mutatták, hogy a legtöbb esetben ezeknél sokkal nagyobb változásokkal van dolgunk, melyeknek meghatározására az eljárás érzékenysége több mint kielégítő.

A feladat ez esetben is az erő vagy helyesebben intenzitási összetevők X, Y, Z differentiálhányadosainak meghatározása. Ezek közül ebben az esetben a torsió-mérleg segítségével hatot határozhatunk meg, ú. m.:

$$\frac{\partial X}{\partial x}, \frac{\partial X}{\partial y}, \frac{\partial X}{\partial z}, \frac{\partial Y}{\partial x}, \frac{\partial Y}{\partial y}, \frac{\partial Y}{\partial z}.$$

Az a szembetünő előny, hogy itt a $\frac{\partial X}{\partial x}$ és $\frac{\partial Y}{\partial y}$ hányados érté-

keit egyenkint lemérhetjük, nem pedig csak különbségeiket, mint a nehézség esetében, a mágneses erők azon sajátosságából ered, hogy térbeli változásaik az egész mágnes testére ható translatorikus erőt eredményeznek.

A potenciál feltételezésétől független alakban soroltam fel a differentiálhányadosokat. Azon kételyekre tekintettel tettem ezt, melyek különösen újabb időben merültek fel az iránt, van-e egyáltalában a földi mágneses erőket létesítő összes tényezőknek potenciáljuk. Habár e kérdés nincs ez ideig szigorúan eldöntve, annyit állíthatok, hogy az egész erőnek csak egy kicsiny része lehet az, melyre nézve a potenciál létele kérdéssé válik. Maga az itt tárgyalt mérési módszer is szolgáltathat egy adatot a kérdés eldöntéséhez, mert segítségével megállapíthatjuk, elég van-e téve a potenciál egyik feltételének, a

$$\frac{\partial X}{\partial y} = \frac{\partial Y}{\partial x}$$

egyenletnek.

Eddig végzett méréseim pontosságának határán belül azt igazolva találtam.

Potenciált tételezve fel, a mi talán csak a közelítésnek egy fokát jelenti, a felsorolt hat differentiálhányados a hiányzó háromnak értékét is megadja, s így az intenzitás változásainak kérdése magával a torsió-ingával végzett mérések útján teljes megoldást nyer. A nivófelületek és az erővonalak görbületeinek, vagy az isogon, isoklin, isodynám vonalak irányának és gradienseinek meghatározása az észlelés helyén ezek után csak a számítás dolga.

A módszerek kipróbálása céljából intézetem belsejében és künn a szabadban említett kertem sík területén végeztem méréseket. Erre használt eszközeim érzékenysége akkora volt, hogy az intenzitás változását centiméterenkint egy százmilliomod C. G. S.-sel közel egy percnyi kitérésekkel jelezték. Bent az épületben 30—50 foknyi, a translatorikus erő által létesített kitéréseket, a szabadban körülbelül $\frac{1}{2}$ foknyiakat figyeltem meg. E magukban álló, csak egyes helyekre vonatkozó adatokból ter-

mészetesen nem vonhatunk még le újabb általános érdekű következtetéseket. Különösen az, a mit az épület belsejében találtam, csak constatálása volt a téglából épült falak azon feltűnő hatásának, melyet KOHLRAUSCH localvariométerének segítségével is kimutatni tudott. Milyen érdekes volna azonban valamely rendelkezésében feltűnő területnek, minő például az újabban E. LEYST által a kurski gouvernementben feltaláltnak, rendszeres átkutatása az új módszerekkel. Különösen érdekesnek mutatkozik azonban a mágneses erő időbeli változásainak ilyenemű vizsgálata.

Földünket elektromos áramok fogják körül, s azok a tényezők, melyek az áramok irányát és intenzitását megszabják és módosítják, nagy részükben bizonyára localis jellegűek. Ilyenek a mágneses közetek hatásai is, úgy hogy a mágneses erő azon változásai mellett, melyek nagyjában a földnek minden helyén közösek, bizonyára fellépnek még olyan localis változások is, melyek eddig megfigyelhetők, vagy legalább jól elkülöníthetők nem voltak.

Hónapokon át fotografiai úton registráltam intézetem egy helyiségében az egy mágnesre gyakorolt translatorikus erőnek s ez által a mágneses intenzitás térbeli változásának ingadozását. Meggyőződhettem arról, hogy ez ingadozásnak bizonyos szabályokat követő napi járása van, mely eszközömön 10—20 percnyi kitérésekben nyilvánult. Ezekből a város közepében tett megfigyelésekből azonban korai, sőt hibás volna a szabad természetben végbemenő folyamatokra következtetni, a mi már abból is kitűnik, hogy diagrammjaim a vasárnapokat és ünnepnapokat is különös jellegű görbéekkel jelezték. Azok a mondhatnám technikai áramok, melyek ma a nagy város talaját keresztül-kasul járják, a természetestől nagyon is eltérő viszonyokat létesítenek. Ilyenektől ment zavartalan talajon felállított observatoriumok feladata lehetne, ilyen megfigyelésekkel foglalkozni.