

Ezért Eötvös a mágneses anomáliák más, jobb értelmezésére a térerősség vízszintes síkbeli gradienseit használta fel. Ezek a gradiensek ezen a kevésbé zavart területen is a szokásos egységükben elég nagy értékűek, nem ritkán a normális értékeik tízszeresénél is nagyobbak. A mágneses anomáliák jellemzésére e gradiensekkel meghatározott oly mennyiséget választott, amelynek jelentése a földmágneses térerősségre nézve ugyanaz, mint a *horizontális irányító-képességnek* a nehézségi erőre nézve és Eötvös a térképen is ugyanúgy ábrázolta. Az ábrázolásnak ez a módja a mágneses anomáliák jelenlétét és helyét is jól megadja és ezen felül azt az előnyt is nyújtja, hogy kisebb területen végzett mérések eredményei alapján is jól alkalmazható, anélkül, hogy egy nagy-kiterjedésű országos mérés befejezését megvárni szükséges volna.

Eötvös az így értelmezett földmágneses anomáliákat *angliai és japáni mágneses mérésekre*, sőt  $0^\circ$  és  $60^\circ$  szélességi körök között az egész északi fél-gömbre is alkalmazta, de ezeket az eredményeket nem publikálta.

#### IRODALOM

- Báró Eötvös Loránd élete és tudományos működése.* A Math. és Phys. Lapok Eötvös Loránd-füzete (1918. évi 6–7. füz.). Írták: Fekete Jenő, Mikola Sándor, Pekár Dezső, Rybár István és Tangl Károly. Budapest, 1918.
- Kövesligethy Radó, *Eötvös Loránd.* Műveltség: A gondolat úttörői, első sorozat. Szerkesztette Lambrecht Kálmán. Dante könyvkiadó, Budapest (év nélkül).
- Báró Eötvös Loránd Emlékkönyv.* A MTA megbízásából szerkesztette Fröhlich Izidor. Kiadta a Magyar Tudományos Akadémia. Budapest, 1930.
- Eötvös Loránd összegyűjtött munkái.* (Roland Eötvös Gesammelte Arbeiten.) A MTA megbízásából sajtó alá rendezte Selényi Pál. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1953.
- Renner János, *Eötvös Loránd.* Műszaki nagyjaink, III. kötet. Szerkeszti Szőke Béla. A Gépipari Tud. Egyesület kiadása, Budapest, 1967.

MAGYAR GEOFIZIKA X. ÉVF. 5. SZ.

## Eötvös Loránd kutatásainak geodéziai jelentősége

B I R Ó P É T E R

Az eddigiekben több oldalról méltattuk Eötvös Loránd tudományos eredményeinek jelentőségét. Életműve világhíre emelte őt a geodézia tudományában is. Eredményeinek java része itt került gyakorlati alkalmazásra és szerzett Eötvös Lorándnak nemzetközi elismerést.

Eötvös Loránd korában már ismeretes volt, hogy az égitestek, közöttük Földünk alakja tisztán geometriai úton nem definiálható, mert ezt fizikai hatás – a nehézségi erő hatása – alakítja ki. Ezért Eötvös idejében már egyre inkább előtérbe kerültek a geodézia fizikai módszerei, melyeket ma fizikai geodézia néven ismerünk.

A 18–19. századi elméleti geodéziai kutatások jelentős része a forgó folyadéktömeg egyensúlyi alakjának meghatározására irányult.

A 19. század közepén Poincaré, Laplace, Gauss és mások vizsgálatai nyomán már ismeretes volt, hogy az egyensúlyi állapotban levő folyadéktömeg szabad felszínén a nehézségi erő potenciáljának értéke állandó, vagyis a szabad folyadékfelszín a nehézségi erő potenciáljának egyik szintfelületével azonos. Következésképpen a részben már megszilárdult Föld alakja sem lehet távol fel-

színeközei szintfelületeinek alakjától. Tekintettel arra, hogy Földünk kb.  $\frac{3}{4}$  részét ma is szabad folyadékfelszín – a tengerek felszíne – határolja, Gauss a Föld elméleti alakjának a földi nehézségi erő potenciáljának azt a szintfelületét választotta, mely a közepes tengerszintek magasságában halad. Ezt a szintfelületet Listing (1873) óta geoidnak nevezzük.

A szintfelületek elméletének részletes kifejtését Eötvös Loránd fiatal professzorsága idején Bruns (1878) és Helmert (1884) adta közre. Eötvös tudományos működésének korában tehát a geodézia középponti kérdése a szintfelületek, de különösen a Föld alakját képviselő szintfelület – a geoid – gyakorlati meghatározása volt. Erre vonatkozóan ismeretek voltak már Clairaut nevezetes összefüggései, Bruns geometriai módszere, Helmert eljárása, sőt Stokes fizikai módszere is, amelyeknek gyakorlati megoldása azonban különböző nehézségekbe ütközött. Ilyen akadályok voltak például a földfelszíni nehézségi gyorsulás-értékek hiánya, a függővonal irányának kevés pontban való ismerete stb.

Ebben a tudománytörténeti helyzetben érthető, hogy a geodéziai tudományos világ nagy érdeklődéssel fordult Eötvös Loránd felé, amikor ő eredményeit közzétette.

Az Eötvös-inga mérési eredményeiből számítani lehet az inga felfüggesztési pontján áthaladó szintfelület két főgörbületének különbségét. Ez az érték jellemzi a szóban levő szintfelületnek a gömbalaktól való eltérését. Eötvös eredményei felhívták a figyelmet arra, hogy kis távolságban is a szintfelület görbületi viszonyaiban igen jelentős változások következhetnek be, még teljesen sík területen is, ahol a felszíni viszonyokból ez nem következne. A mérési eredmények alapján számítható a görbületi sugarak közelítő értéke is, ha a nehézségi gyorsulás függőleges gradiensére normálértéket veszünk fel.

Meghatározható továbbá a főgörbületek iránya is. Ezekből az adatokból már számítható a szintfelület görbületi sugarának jó közelítő értéke tetszőleges azimutban, például mért geodéziai alapvonalaink tengerszintre redukálásához.

A görbületi sugarak pontos számításához a nehézségi gyorsulás vertikális gradiensének ismerete lenne szükséges. Maga Eötvös is kísérletezett ennek mérésére alkalmas műszer szerkesztésével, de sajnos erre sem neki, sem azóta másnak még nem sikerült olyan tökéletes műszert szerkeszteni, mint amilyen a torziós inga a maga területén.

A torziós inga által mért értékekből meghatározható továbbá a vizsgált ponton átmenő függővonal görbülete. Erre éppen Eötvös idejében terelődött a geodéták figyelmé, amikor Pizetti 1906-ban javasolta, hogy a korábbi Helmert-féle vetítési móddal szemben ne az ellipszoidi normális, hanem a nehézségi erőter függővonala mentén vetítsük a földfelszíni pontokat a tengerszintre. Ennek a vetítésnek matematikai megoldásához elengedhetetlenül szükséges a függővonal görbületének ismerete. Ezt hosszú ideig csak az Eötvös-féle torziós inga mérési eredményeiből lehetett meghatározni. Azóta dolgoztak ki már más módszereket is, de lényegében mindegyik módszernek a nehézségi gradiens számításra kell visszajutni, ami viszont ma is Eötvös-ingával végezhető el a legpontosabban.

Eötvös felismerte azt, hogy a geodéziának a földi nehézségi erőter és így a földalak részletesebb vizsgálatához nagyszámú földfelszíni nehézségi gyorsulás értékre van szüksége. Ezek meghatározása akkoriban csak nehézkes relatív inga mérések útján történt, sok költséggel és fáradtsággal. Ezért Eötvös gravimétert is szerkesztett, amelynek elvét sajnos nem tette közzé és így lényegében ugyan-

ezt 30 évvel később „újra feltalálták”. Talán éppen az Eötvös-inga mérések eredményei terelték el figyelmét a graviméter elvének publikálásától, hiszen az ingamérésekkel végzett összehasonlító vizsgálatok kimutatták, hogy az Eötvös-ingával legalább olyan pontossággal végezhető a gravitációs hálózat kis távolságra való sűrítése sík terepen, mint relatív ingaméréssel.

Éppen ezen vizsgálatok készítették a Budapesti Műegyetem Geodéziai Intézetét – Oltay Károly akkori adjunktust – arra, hogy nehézségi gyorsulás méréseket végezzen és kapcsolatot létesítsen a potsdami főalappont és a Budapesten létesített magyarországi gravitációs főalappont között.

A szintfelületek alakjának tanulmányozásához, továbbá egyéb gyakorlati célokra fontos a függővonal iránya és a számítási alapfelületeknt felvett ellipszoid normálisa által bezárt szög – a függővonalelhajlás – ismerete minél több pontban. Ennek jelentőségére is Eötvös idejében terelte a figyelmet Helmer és Bruns. Ebben a vonatkozásban is igen jelentős volt Eötvös felfedezése geodéziai szempontból, mert a torziós ingával végzett mérések eredményeiből meghatározható két közeli pont között a függővonalelhajlás megváltozása.

Az Eötvös-inga-állomások hálózata, ha ezt ismert asztrogeodéziai pontok közé illesztjük, olyan sűrű függővonalelhajlás hálózatot nyújt, amelynek alapján a szintfelületek, így a geoid alakja is részleteiben tanulmányozható. Eötvös Arad környéki klasszikus vizsgálati területéről el is készítette a geoid ábráját és ezzel lényegében elsőként készített geoid-térképet egy évtizeddel megelőzve Gallét, aki 1916-ban tette közzé a Harz-hegység geoid-ábráját.

Eötvös módszerét a függővonalelhajlások sűrítésére több vonatkozásban tovább fejlesztette Renner János, de a lényeg azóta sem változott. A módszer ma is jól használható és nem eldöntött kérdés, hogy például magyarországi alföldi viszonyaink között az újabb módszerek mellett nem még mindig ez a legpontosabb eredményre vezető eljárás-e? A kérdés vizsgálata folyamatban van. A legutóbbi időkben az Egyesült Államokban végeztek hasonló kísérleti méréseket, igen kedvező eredménnyel.

Geodéziai szempontból ugyancsak nagy jelentőségű Eötvös felismerése a kelet – nyugati irányban mozgó tömeg súlyváltozásával kapcsolatosan. Ezt a hatást az egész nemzetközi geodéziai irodalom Eötvös-féle effektus néven ismeri. Gyakorlati jelentősége Eötvös korában a tengeri hajókon végzett nehézségi gyorsulás mérések redukálásában volt. A kérdés fontossága azóta még fokozódott, mert ma már nemcsak alig mozgó hajókon, hanem gyorsjárású repülőgépeken is végeznek nehézségi gyorsulásméréseket, ahol a hatás nagyságrendekkel nagyobb.

Az Eötvös eredményei iránt megnyilvánult nagy nemzetközi érdeklődésre jellemző az, hogy a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió elődje, a Nemzetközi Földmérés (Internationale Erdmessung) XV. általános értekezletét 1906-ban Budapesten rendezte. Itt mutatta be Eötvös Loránd teljes részletességgel és rendszerezettséggel a torziós inga elméletét, geodéziai és geofizikai alkalmazását, továbbá az addig végzett kísérleti méréseinek eredményeit. A konferencia határozatilag elismerte Eötvös eredményeinek jelentőségét és felkérte a magyar kormányt Eötvös méréseinek támogatására.

Eötvös Loránd tudományos működésével maradandó nemzetközi elismerést szerzett a magyar tudománynak a geodézia területén is. Ezért a geodéták is őszinte tisztelettel emlékeznek rá halálának 50. évfordulóján.