

GRAVITÁCIÓ 2008

Előszó

1972-ben fizikusként végeztem a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetemen, kiváló eredménnyel. Diplomamunkám témája a relativisztikus kvantumelmélet volt, érdeklődésem akkoriban a fizika legmodernebb területei felé irányult. A relativitás és kvantumfizika iránti különös érdeklődésem azóta is megmaradt. Kedvenc könyveim szerzői Einstein, Heisenberg, Landau, Feynman, Wigner Jenő, Neumann János, de még sorolhatnám.

1996 óta foglalkozom a gravitáció kísérleti, és főleg az elméleti oldalával, egy különleges gravitációs kísérlet hatására, amit Bodonyi László miskolci nyugdíjas mutatott be nekem akkoriban. Találkozásom Bodonyival és kísérletével pusztán a vak véletlennek köszönhettem, egy közönséges újsághirdetésnek, melyben Bodonyi László támogatókat keresett. Akkor még nem is gondoltam, hogy ez a „magánkísérlet” évekre meghatározza majd az érdeklődésemet. A történethez hozzátartozik, hogy Bodonyi kísérletét előttem mérnökök, fizikusok már látták, de nem vettek észre benne semmi különlegeset. Senki sem tudta értékelni ezt a kísérletet, inkább csak a műszaki kivitelezés hibáit kifogásolták. Engem a kísérletben először az erős gravitációs hatás kimutatása fogott meg, de ugyanolyan mély hatással volt rám Bodonyi gondolati indíttatása, miszerint egyenlő tömegek között nem létezhet gravitációs vonzás. Tudván persze azt is, hogy szimmetrikus tömegű kettős csillagokból is számtalan létezik a megfigyelések szerint, ennek ellenére Bodonyi elméleti indoklása meggyőzőnek tűnt. Gondoljunk egyszerű példákra: két hidrogén atom csak abban az esetben alkothat molekulát, ha van köztük egy parányi eltérés: az elektronspinjeiknek ellentétes irányban kell állniuk. A hidrogénbombáról is kiderült, hogy a tiszta deutérium atomok nem fuzionálnak, de a deutérium-trícium keverék már igen. Bodonyi László helyesen a gravitációs vonzás nagyságát arányosnak, sőt intuitíve egyenlőnek gondolta a testek tehetetlenségével. A vonzó gravitációs erő és az ezzel ellentétes irányú tehetetlenségi erő egyenlő tömegek esetén pontosan képes kiegyenlíteni egymást, így a gravitációs erő nem tud érvényre jutni. Azóta megfogalmazódott bennem egy általános fizikai elv: *Két, minden paraméterében azonos fizikai objektum között vonzóerő, kötött állapot nem jöhet létre.* Aki tud erre ellenpéldát mondani, szívesen várom a jelentkezését.

Az eltelt évek során sikerült egyre jobban körbejárni és megérteni a gravitáció jelenségét. Rá kellett jönnöm, hogy manapság is mennyire szegényes és pontatlan a gravitáció ismerete, sajnos még a tudományos körökben is. A jelen munkában igyekeztem összefoglalni az évek során összegyűlt tapasztalataimat, a kapcsolatos elméleti következtetéseimet. Mint minden tudomány esetében, a gravitáció tudományáról sem mondható, hogy véglegesen letisztázott, befejezett lenne. Természetesen további elemzések, viták is várhatók a fizika ezen különleges területén, a nyitott kérdések megoldásához sok időnek kell eltelni, és a tapasztalat szerint egy-egy kérdés megoldása további kérdéseket is felvet. Magamon is jelentős fejlődést, gondolati előrehaladást éreztem az évek során (sok tévúttal, buktatóval fűszerezve), de várhatóan a jövőben még újabb fontos eredmények is szülehetnek. A téma további letisztulását várom magamban, terveim szerint az újabb eredményeimről rendszeresen be fogok számolni.

Szívesen várom az Olvasóktól az észrevételeket, ötleteket, javaslatokat, és persze minden jó szándékú, segítő kritikát is.

Sarkadi Dezső okl. fizikus

Elérhetőségem: 7030 Paks Kishegyi út 16.

E-mail: dsarkadi@freemail.hu, dsarkadi@t-online.hu

1. Bevezetés

A hétköznapi embert általában nem különösen érdekli a gravitáció jelensége. Megszoktuk, hogy testünknek súlya van, az elengedett tárgyak lefelé esnek és sokszor fárasztó gyalog felmenni a sokadik emeletre lift nélküli lépcsőházakban. Másképpen jelentkezik a gravitáció a tudós embereknel, elsősorban a fizikusoknál. A fizikusok számára sokszor meglepő az emberek többségének tájékozatlansága a gravitációt illetően. Például sok ember számára a gravitáció a föld középpontja felé („lefelé”) ható nehézségi erőt jelenti, de ha kicsit jobban rákérdezzünk, valószínűleg eszükbe jut az iskolai tanulmányokból, hogy a gravitáció minden test között működik minden irányban, igaz nagyon gyengén, hiszen két tárgy közötti gravitációt a kezünkkel nem tudjuk érzékelni. Két erős mágnes közötti vonzóerő viszont olyan nagy lehet, hogy akár a kezünk megsérülését is okozhatja.

A gravitáció univerzalitását Newton ismerte fel tudományos alapossággal még az 1600-as évek közepén, a *bolygómozgások Kepler-féle törvényeire* támaszkodva. A Newton-i gravitáció ismeretében a Naprendszer bolygóinak, a bolygók holdjainak mozgása rendkívül nagy pontossággal kiszámítható. Ezért tudják a csillagászok jó előre megmondani például a napfogyatkozás percre pontos idejét és földrajzi helyeit is.

A Newton-i gravitáció mind a mai napig egy sikeres fizikai elmélet, korunkban a leglátványosabb gyakorlati alkalmazása az űrkutatásban valósul meg. Ugyanakkor a szakmabeliek részére a gravitáció teli van nyitott kérdésekkel, meg nem oldott problémákkal. Ezek közül a legégetőbbek: a *gravitációs hullámok*, vagy a *gravitációs tasztítás* létezésének kérdése, a *gravitáció árnyékolhatósága*, és ami ezekkel összefügg: az „*antigravitáció*” létezése. Csillagászati, kozmológiai jelentőségűek például a „*sötét anyag*” problémája, az Univerzum gyorsuló tágulásának ismeretlen oka, vagy a „*fekete lyukak*” létezésének, tulajdonságainak tisztázása. Ezen utóbbi kérdések szorosan kapcsolódnak a gravitációhoz. Felmerül a kérdés, hogy valóban ismerjük-e a gravitációt, illetve mi lehet a gravitáció részletesebb megismerésének gyakorlati jelentősége. Persze nagyon sok ember elsőre nem feltétlenül a gyakorlati hasznosíthatósággal foglalkozik, pusztán a kíváncsiságból veszi a fáradságot a gravitáció pontosabb megismerésére. A jelen munka legfontosabb célja fő vonalaiban megmutatni a jelenkori gravitációs ismereteket népszerűsítő formában.

2. Alapismeretek

Minden jel arra mutat, hogy a XXI. századi fizikában a gravitáció kutatása centrális szerepet fog játszani, nagy áttörésekre számíthatunk a fizika ezen területén. A Newton-i gravitációs elmélet hatalmas sikerei ellenére ma már egyre inkább kezdetlegesnek és elavultnak tűnik. A klasszikus gravitációs elmélet háromszáz éves megcsontosodásához, konzerválódásához több tényező is hozzájárult. Ezek közül a legfontosabbak: Newton mindmáig ható tudományos tekintélye, a tudomány túlzott konzervativizmusa.

Korunk gravitációs tudományát túlnyomó részben az elméleti spekulációk és hosszúra nyúló, költséges kísérletek jellemzik, a konkrét eredmény viszont túl kevés és túl bizonytalan. Ennek oka, hogy a *gravitációs kölcsönhatás az összes fizikai kölcsönhatások közül a leggyengébb*. A tudománytörténetben a gravitáció különleges helyet foglal el, hiszen a gravitáció Newton-i elmélete az első igazán egzakt fizikai elmélet, amely még a XVII. században született. A gravitáció modern elmélete *Albert Einstein* nevéhez fűződik, aki az 1900-as évek elején alkotta meg az *általános relativitáselméletét*, amelyben a gravitáció egy speciális geometria, a *Riemann-geometria* alakjában jelenik meg. Noha már hosszú évszázadok teltek el az első gravitációs elmélet megszületése óta, a gravitáció mind a mai napig számos kérdést vet fel. Ma az egyik legkínosabb probléma, hogy a gravitáció sehogyan sem illeszthető be korunk legfontosabb elméletébe, a *kvantummechanikába*.

A gravitáció hétköznapi jelenség, a testeknek súlya van, ha leejtünk egy tárgyat, az függőlegesen gyorsulva mozog a földre (tudjuk, hogy a Föld tömegközéppontjának irányába). A Föld hatalmas tömege minden tárgyat magához vonz, sőt azt is tudjuk Einstein óta, hogy

még magát a fénysugarat is. Az már sokak számára nem tudott, hogy a bennünket körülvevő tárgyak is vonzzák egymást. Ha két pohár vizet egy nagyon sima asztallapra helyezünk, akár meg is olajozhatjuk az asztal felületét, a két pohár nem fog egymás felé csúszni. Az ok a gravitáció gyengesége, hiszen a gravitáció csak nagyon nagy tömegek esetén tud látványosan megnyilvánulni. Egy hatalmas hegy, vagy a földben rejtőző hatalmas szikla gravitációs hatása speciális műszerrel, a *graviméterrel* kimutatható. A graviméterek ősei *Eötvös Loránd* (1848-1919) torziós ingái voltak, melyek képesek voltak többek között a földalatti ásványkincsek, különösen hasznosan az olajlelőhelyek felkutatására.

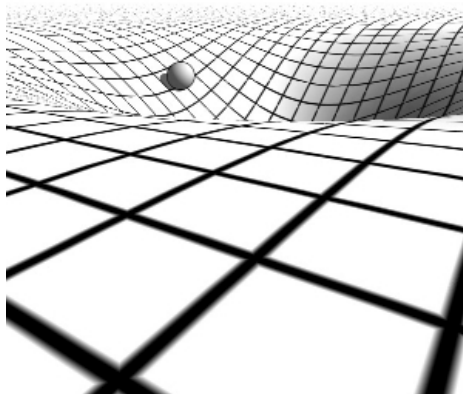
A gravitáció Newton-i törvényének a mai napig érvényes matematikai alakja:

$$F = G \frac{mM}{r^2},$$

amely az egyszerű hétköznapi feladatokon túl az űrhajózásban, a csillagászatban sikerrel alkalmazható. Az F a gravitáció vonzóerő, G az univerzális gravitációs állandó, m és M a kölcsönható tömegek és r a két tömeg közötti távolság.

Newton gravitációs törvényének nagy jelentőségét kiemeli az a tény, hogy a fenti képleten kívül a gravitációról más, említésre méltó dolgokat nem szokás az iskolákban tanítani. Csak néhány főiskola, illetve egyetem meri felvállalni Einstein gravitációs elméletének vázlatosabb, tudományegyetemen a részletesebb ismertetését. Fontos azonban, hogy a legtöbb iskolai tankönyv ismerteti *Kepler* (1571-1630) híres három törvényét a bolygók mozgására, amelyek alapján Newton matematikai úton vezette le a gravitációs törvényt.

Einstein geometriai magyarázatot adott a gravitációra, és nem mellékes dolog, hogy felhasználta az eredeti, newtoni gravitációs törvényt, mint a fénysebességnél jóval kisebb sebességű testek gravitációjának helyes képletét. Einstein gravitációs elmélete, az általános relativitáselmélet azonban elvi megközelítésében lényegesen különbözik a newtoni gravitációs felfogástól. Einstein elméletében a testek erőmenetesen mozognak a gravitációs térben, a gravitációs tér által meghatározott „geodetikus” pályákon. A nem-euklideszi geometriában, melynek egyik előfutára *Bolyai János* (1802-1860) volt, a legrövidebb pályákat (ívhosszak) nevezik geodetikus pályáknak. A gravitációs teret a négydimenziós „gömbült téridő” határozza meg. Ennek egy szemléletes, *de egyáltalán nem pontos modellje* a „gumilepedő” modell. Az **1. ábra** közepén egy erősen gravitáló, „nagy középponti tömeg” helyezkedik el, mely „súlyánál” fogva erős bemélyedést okoz a kifeszített gumilepedőn. A kisméretű „bolygó tömeg” a gravitációs gödör szélén kering, és a centrifugális erő nem engedi a bolygó begurulását a mélyedés aljára. Ez a Naprendszer modellje Einstein elméletében, de tudnunk kell, hogy minden ilyen hasonlat sántít, hiszen az elmélet négydimenziós, a bolygó mozgása a „téridőben” valósul meg.



1. ábra: A gravitáció „gumilepedő” modellje

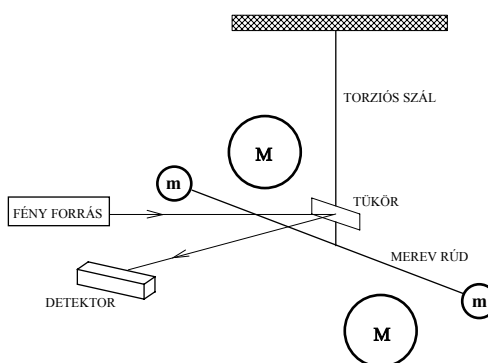
3. A gravitációs állandó

Newton gravitációs képletében szerepel a G univerzális gravitációs állandó, ennek pontatlan ismerete mind a mai napig sok fejtörést okoz a fizikusoknak. Newton idejében még csak különböző becslések voltak a G értékére, ugyanis a gravitációs állandó csak kísérletileg, méréssel határozható meg. Kezdetben egy egyszerűnek tűnő mérési lehetőség adódott, a fonalinga lengési idejét mérték a föld felszínén, illetve egy mély bányában. Ugyanazon inga lengési ideje kissé megnövekszik a bánya mélyén, hiszen az ingára nemcsak a Föld középpontjában egyesülő gravitációs erő hat, hanem a bánya felszíni földrétege is, az utóbbi gyengíti a gravitációt. Megbecsülték a bánya felszíni rétegének tömegét és Newton törvényét alkalmazva, a lengési idő növekedéséből ki lehetett számítani a G értékét. El lehet képzelni, hogy ez a meghatározási módszer mennyire pontatlan volt.

A G meghatározásának problémáját az 1700-as évek végén, Newton *Principia*-jának 1687. évi megjelenése után mintegy száz évvel később, *Henry Cavendish* (1731-1810) oldotta meg, egy elegáns kísérleti módszerrel. Cavendish dolgozata 1798-ban jelent meg Angliában, a büszke célt kiemelő címmel: *Kísérletek a Föld tömegének meghatározására*. A gravitációs méréseket Cavendish *torziós ingával* végezte.

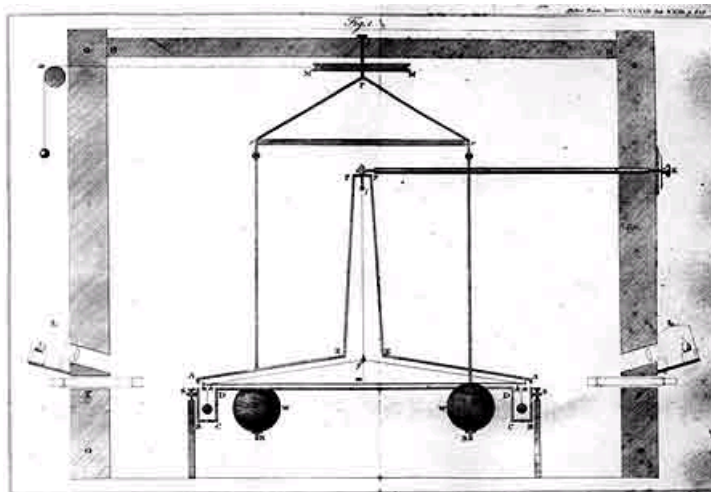
A torziós inga lelke egy kb. 0.2 - 0.5 méter hosszú, nagyon vékony (szokásosan 0.1 mm-nél kisebb átmérőjű) acél- vagy más fémötvözet huzal (újabbban speciális műanyag huzalt is alkalmaznak), mely a **2. ábra** szerint függőlegesen van felfüggesztve. A huzal alsó végéhez *súlyószerűen* vannak felrögzítve a tipikusan 10 – 100 grammos *ingatömegek*. Az ingatömegeket tartó merev keresztrúd elhanyagolható tömegű, hosszúsága szokásosan néhány cm körüli. Az ingatömegekhez egy tartószerkezet segítségével az *M forrástömegek* beforgathatók az ingatömegekhez, amelyek a gravitációs vonzás hatására a forrástömegek irányába fordulnak el. *Az M forrástömegek szokásosan legalább ezerszer nagyobbak az „m” ingatömegeknél.* Ez a nagy tömegeltérés nyilván a gravitációs erő gyengesége miatt alakult ki, ugyanis a torziós inga piciny elfordulása arányos az *M forrástömeggel*. A gravitációs erő laboratóriumi méretű tömegek esetén elképzelhetetlen mértékben kicsiny, ezért a gravitációs erő „vízszintes irányú” létezésének kimutatása is nagyon nagy siker volt Cavendish korában. A G kellően pontos meghatározása a gravitációs kölcsönhatás gyengesége miatt a mai napig is az egyik legnehezebb kísérleti feladat.

A torziós inga elfordulása nagyon kicsiny, ezért a torziós szála, vagy a keresztrúdra parányi tükröt erősítenek, amelyet egy párhuzamos nyalábú fényforrással, újabbban vékony lézersugárral világítanak meg. A visszaverődött fénysugarat kivetítve a fénysugár felnagyítja a torziós inga kis elfordulását, amelyet egy fényérzékeny detektor mér. A detektor az elfordulási jelet elektronikus jelként továbbítja számítógépes feldolgozásra. Érdekes megjegyezni, hogy Cavendish idejében a fényforrásként közönséges faggyúgyertyát használtak, az elfordulást pusztán szemmel mérték. Cavendish eredeti torziós ingáját láthatjuk a **3. ábrán**.



2. ábra: A torziós (Cavendish) inga működési elve
(m:=ingatömegek; M:=forrástömegek.)

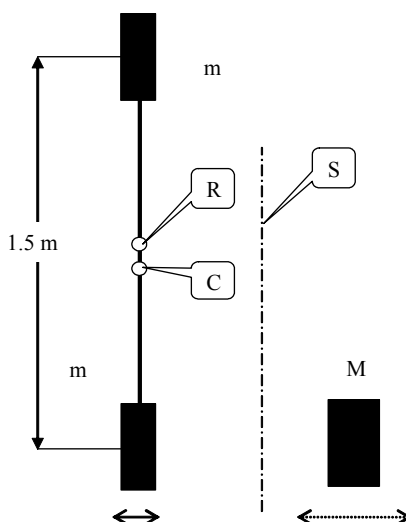
A Cavendish mérés modernebb változatait mind a mai napig használják a gravitációs állandó meghatározására. A gravitációs mintatömegek anyaga régebben nagytisztaságú ólom volt, manapság használnak más, nagy tömegsűrűségű anyagokat is, így például wolframot, aranyat, uránt. A mai precíziós méréseknél a torziós ingát az ingatömegekkel együtt egy üvegburában szokás elhelyezni, melyből kiszivattyúzzák a levegőt. Ezzel az esetleges légáramlatokat, illetve a légellenállásból eredő csillapítást egyszerűen kiküszöbölik.



3. ábra: Az eredeti Cavendish inga fényképe

4. Bodonyi László kísérlete

A múlt század kilencvenes éveiben egy miskolci nyugdíjas építész, Bodonyi László számos kísérletet végzett saját építésű gravitációs ingájával a gravitáció alternatív kimutatása céljából. Különböző megfontolások alapján arra a következtetésre jutott, hogy azonos nagyságú tömegek között a gravitációnak le kell csökkennie, elméletileg nullára. A Cavendish-féle torziós inga alkalmatlannak bizonyult az azonos nagyságú tömegek közötti gravitáció kimutatására. A Cavendish kísérletben ugyanis az ingán lévő tömegekhez általában legalább ezer-szer, inkább tízezerszer nagyobb külső „forrástömegeket” szokás közelíteni. A számítások azt mutatják, hogy egyenlő nagyságú tömegek gravitációjának kimutatásához a torziós szálra kilogramm nagyságrendű tömegeket kellene felfüggeszteni, amely a torziós szál vastagságának növelését igényli. Ezzel viszont a mérés nagy érzékenysége megszűnik.



4. ábra: Bodonyi gravitációs ingájának működési vázlatja

Bodonyi végül talált egy alkalmas mérési módszert az azonos nagyságú (nagyságrendű) tömegek gravitációjának kimutatására, illetve pontos mérésére. Az eszköz lelke a „fizikai inga”, amellyel a kísérleti fizikai tankönyvek részletesen foglalkoznak. A közönséges matematikai inga például egy fonálon felfüggesztett kisméretű ólomgolyó. Már Galilei is megfigyelte, hogy ha a függesztő fonál hossza elég nagy és az inga kis amplitúdóval leng, a lengés viszonylag sokáig fennáll és az oda-vissza lengés ideje (lengési idő) nagy pontossággal állandó. A fizikai inga lényegében a fonálinga csökkentett méretű változata. Ha egy rudat a súlypontja felett kicsiny távolságban függesztünk fel egy forgástengelyre, a rúd lengési ideje jelentősen megnövelhető. A régi mechanikus faliórákban is ezt az elvet használták, amivel sikerült a falióra méretét csökkenteni. Bodonyi gravitációs ingájának működési elvét mutatja a **4. ábra**.

A megvalósított fizikai inga két, m-el jelölt, 4 kg-os ólomtömegből áll, melyeket egy könnyű, de erős alumíniumkeret tartja egymás felett 1.5 méter magasságban. A keret közép-magasságában két vízszintes ék biztosítja az inga felfüggesztését, amely az inga forgástengelye (az ábrán R-rel jelölve). Az inga C súlypontja a forgástengely alatt van, ezt az ingán lévő kis segédtömegek fel-le csúsztatásával lehet biztosítani. A segédtömegek finom állításával az inga lengésideje 60-70 másodpercre(!) is megnövelhető. Ekkor szokatlan jelenséget figyelhetünk meg, az inga néhány milliméteres szabálytalan lengést végez, gyakorlatilag „örökmozgóként” viselkedik. Az így beállított inga a legkisebb külső zavarokra, talajrezgésre, levegő-áramlásra, emberi test mozgására (gravitáció) érzékennyé válik. Az ingát a légáramlás és elektromágneses hatások elkerülésére egy megfelelő méretű és vastagságú lágyvaslemezzel (S) árnyékolni kell. Az ingát és az árnyékoló lemezt elektromosan földelni kell. Az M forrástömeget távvezérléssel közelítjük az inga alsó tömegéhez, miáltal az inga kaotikus lengési amplitúdója jól mérhetően megnő. Ha az M tömeg mozgását megszüntetjük, néhány perc után az inga lecsillapodik a kezdeti amplitúdóra. A gyakorlatban a mérés előkészítése és végrehajtása hosszadalmas folyamat, nagy gyakorlati készség szükséges a sikeres, *kvantitatív* mérések végrehajtására. Az inga mozgását Bodonyi távolból, egy távcső segítségével vizuálisan olvasta le egy finom skáláról, mely előtt az ingára erősített vékony acéltű képezte a „mutatót”. A később megismételt méréseinkben már elektronikus, számítógépes mozgásdetektort alkalmaztunk. A számítógép valós időben, kinagyítva mutatta az inga mozgását, a mért adatokat folyamatosan letárolta.

Az elvégzett különböző fizikai ingás mérések meglepő eredményekkel szolgáltak. Először is van egy lényeges különbség a Cavendish ingás mérés és a fizikai ingás gravitációs mérések között. Cavendish inga lényegesen érzékenyebb, de erős csillapítású mérés. Ez azt jelenti, hogy a Cavendish inga nyugalmi állapota viszonylag gyorsan beáll, tehát az „örökmozgó” jelenség elhanyagolhatóan csekély. Ha egy forrástömeget közelítünk a Cavendish ingához, lassan elfordul, és ha otthagyjuk a forrástömeget, az inga elvileg nem tér vissza a kiindulási helyzetébe. Ezt a jelenséget nevezzük a továbbiakban *sztatikus gravitációnak*, ezt a típusú gravitációt érezzük a föld felszínén, illetve ez a gravitáció tartja a Holdat, mesterséges holdakat a földkörüli pályán, a bolygókat a Nap körüli pályákon. A Cavendish inga a gravitációs erő kimutatására alkalmas eszköz.

A Bodonyi-féle gravitációs ingával a sztatikus gravitációt nem lehet kimutatni, mivel az érzékenysége lényegesen kisebb a Cavendish inga érzékenységénél. Viszont a Bodonyi inga nagy előnye a Cavendish ingával szemben, hogy relatíve kicsi a csillapítása. A Bodonyi inga a gravitációs energiacserét méri. A gravitációs energiacserével kapcsolatos jelenségeket a továbbiakban *dinamikus gravitációnak* nevezzük. A gravitációs energiacsere mérések számos új, eddig ismeretlen gravitációs jelenség felfedezésére vezettek. Ma már nyugodtan kijelenthetjük, hogy az új kísérletek a gravitáció egy sokkal gazdagabb, színesebb arcának megismerésére vezettek. Az alábbiakban felsoroljuk a dinamikus gravitációval kapcsolatos fontosabb jelenségeket, illetve megállapításokat:

- A dinamikus gravitáció csak mozgó tömegek között lép fel, kizárólag *nem-konzervatív* rendszerekben.
- A gravitációs energiacsere *vonzó és taszító erőhatás* formájában egyaránt jelentkezik.
- Egyenlő tömegek között gravitációs energiacsere nem jön létre.
- A dinamikus gravitáció matematikai leírásához egy új csatolási állandó bevezetésére van szükség, amely nagyságrendekkel nagyobb a sztatikus gravitáció G értékénél.

A felsorolt állítások sok éves kísérleti és elméleti kutatások záró eredményei, ezek pontos részletezésére itt nincs lehetőség, de szakfolyóiratokban részben már történtek elfogadott publikációk. Mindazonáltal szükséges a felsorolt állításokhoz rövid kiegészítéseket tenni:

A mérési tapasztalatok szerint a gravitációs energiacsere csak abban az esetben lép fel, ha a *kölcsönható tömegek mozgásban vannak* és az egyik tömeg képes *energia- disszipálásra*. Ez a fizikai inga esetében a súrlódási energiavesztést jelenti. Ekkor a mechanikai energia nem marad meg, ez a feltétel fizikai szakszóval kifejezve: a rendszer *nem-konzervatív*.

Sztatikus gravitáció esetében például a szabadon eső test teljes mechanikai energiája megmarad (a levegősúrlódás elhanyagolható mértékű). Ekkor bár a test mozog, dinamikus gravitáció nem lép fel.

Ha keressük az analógiát a mozgó töltések mágneses hatásával, a dinamikus gravitáció jelenségét *gravitomágneses* hatásnak nevezhetnénk. Ha egy állandó mágnes közelében egy nyugvó töltés van, a mágnes és a töltés között nincs erőhatás. Ha a töltés mozog, akkor viszont fellép egy erőhatás a töltés és a mágnes között, ezt nevezik *Lorentz erőnek*. A jelenséget csak úgy tudjuk értelmezni, hogy mozgó töltés körül mágneses tér jön létre. Ez a jelenség kapcsolja össze az elektromos és mágneses jelenségeket, és ebben az értelemben beszélünk *elektromágnességről*. A mozgó töltés mágneses tere arányosan növekszik a töltés sebességével, és nem feltételez disszipációt. Dinamikus gravitációnál viszont nem érvényesül a sebességgel arányosan növekvő erő, és csak disszipáció esetén jut érvényre. A dinamikus gravitáció arányos a *disszipációs teljesítménnyel*, mely Fv -vel (erő szorozva sebességgel) egyenlő. Az Fv szorzat azonban nem lehet tetszőlegesen nagy. Dinamikus gravitációs mérés csak nagyon kis disszipációjú (minimális súrlódású) fizikai ingával lehetséges, amelynél mind az F gravitációs erő, mind az inga v sebessége (a nagy lengési idő miatt) nagyon kicsiny. Összefoglalva, a dinamikus gravitáció jelensége nem analógja a mozgó töltések mágneses hatásának. A gravitomágnesség eredeti fogalma és elméleti létezése Einstein *általános relativitás-elméletéből* következik, amely egy nagyon gyenge hatás, és ráadásul kísérleti úton eddig nem sikerült meggyőző módon kimutatni. (Kapcsolódó téma: a „Gravity Probe B” kísérletek, a részletek az Interneten bőséggel találhatók.)

Bodonyi László a gravitációs méréseinél rendszeresen észlelte a taszító hatásokat is, de ezeket mérési hibának (külső zavarnak) tekintette. A feljavított méréstechnikájú fizikai ingáknál egyértelműen kimutattuk a taszító hatást. A vonzó és taszító hatás felváltva, egyenlő mértékben, periodikusan jelentkezik, ha a fizikai inga gerjesztése periodikus. Konkrétan: taszító hatás jelentkezik, ha a forrástömeget közelítjük az ingatömeghez, majd a forrástömeg távolítása esetén jelentkezik a vonzó hatás.

Bodonyi a fizikai inga segítségével kimutatta, hogy a dinamikus gravitációs hatás azonos nagyságú forrástömeg és ingatömeg esetén drasztikusan lecsökken. Az általunk elvégzett elméleti vizsgálatok szerint két, minden paraméterében azonos tömeg között sem sztatikus, sem dinamikus gravitációs erő nem léphet fel. Erre a *Függelék* részben még visszatérünk.

A mérési adatok feldolgozásából kiderült, hogy a dinamikus gravitációs hatás durva közelítésben mintegy tízezerszer erősebb a sztatikusnál. Ez a mai fizikában egy eddig ismeretlen, új fizikai jelenségre utal. Ezért a dinamikus gravitációs állandóra bevezettük a B jelölést, mely tehát a G sztatikus gravitációs állandónál négy nagyságrenddel nagyobb. (B az időközben elhunyt Bodonyi László nevére emlékeztet.) Az eddigi kutatások alapján ma már kijelenthetjük, hogy a gravitációnak két megvalósulási formája létezik: a sztatikus (gyenge) gravitá-

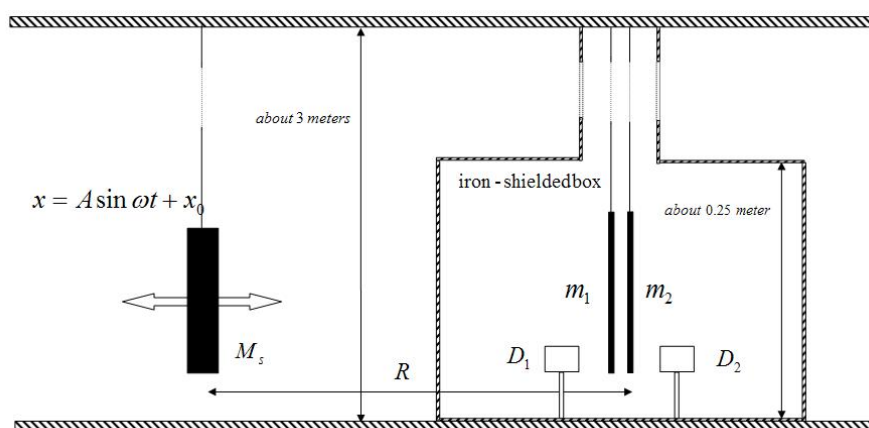
ció és a dinamikus (erős) gravitáció. Az Univerzum egészét semmiképpen sem tekinthetjük konzervatív rendszernek, tehát fejlődése során a gravitáció mindkét típusa hatott és hat ma is. Az Univerzum „sötét anyag” hiányára magyarázatot adhat például a fentiek alapján az erős gravitáció általános jelensége. A sötét anyag hiánya csak látszólagos probléma, feltételezése szükségtelemmé válik az általánosított gravitáció elméletében. Az alábbi kép Bodonyi Lászlóról készült:



Bodonyi László (1919-2001)

5. A dinamikus gravitáció alternatív kimutatása

A viszonylag nagytömegű és nagyméretű fizikai ingák megvalósítása és mérési beállítása sok munkával és sok idővel jár, és eléggé költséges megoldások. Felmerült a kérdés, hogy egyszerűbb módon is mérhetővé tehető-e a dinamikus gravitáció. Tekintettel arra, hogy a dinamikus gravitáció nagyságrendekkel erősebb a sztatikusnál, elképzelhető, hogy a dinamikus gravitáció egyszerű fonálingával (matematikai ingával) is kimutatható. A szakirodalomban nem található olyan leírás, hogy valaki képes lett volna gravitációt mérni fonálingával. A vizsgálataink azt mutatták, hogy ennek akadálya a fonálinga *rezonanciagörbéjének* túlságosan nagy szélessége. Köznapi nyelvre lefordítva, ez azt jelenti, hogy a fonálinga minden környezeti zajt felvesz, ezáltal viszonylag jelentős amplitúdójú, állandó mozgást végez. A zavaró alaplengés viszont teljesen elnyomja a dinamikus gravitációs hatást, a sztatikusról nem is beszélve. A feladat volt a fonálinga rezonancia-görbéjének kiélesítése. Ebben a korábbi rádiótechnikai ismeretek adtak segítséget, ugyanis az ott alkalmazott rezgőkörök rezonancia-szélességét több rezgőkör laza csatolásával érték el. A megoldás legalább két fonálinga (kettős csatolt inga) alkalmazását jelenti.



5. ábra: Dinamikus gravitáció mérése kettős ingával, oldalnézetben

A matematikai inga (fonálinga) mozgó tömegének közönséges fürdőszoba csempét választottunk, függőleges felfüggesztéssel. A gravitációs mérőberendezés kísérleti példányának elvi működési rajza az **5. ábrán** látható. A berendezés egy talpainál gumiszigetelt, nehéz vaskeretes asztalon helyezkedik el, mely a vibrációs zajok csökkentésére szolgál. A lágyvas burkolatú dobozban helyezkedik el a kettős inga, melynek m_1 és m_2 tömegei négyzetes kerámialapok (csempék), egyenlő nagyságúak és egyenlő tömegűek. A kerámialapok mérete 120x120 mm, a vastagságuk kb. 5 mm, a tömegük 150-150 g. A kerámia lapok felfüggesztése 2-2 vékony, hozzávetőlegesen 3 méter hosszú horgász-zsinórokkal történik, a lapok elcsavarodásának megakadályozása céljából. A kerámialapok egymással pontosan fedésben állnak, távolságuk 4-5 mm. Az egymás melletti kerámia lapok számát elvileg bővíthetjük három-négyre, vagy többre is, de a berendezés első kísérleti példányához sikeresnek bizonyult a kettős rezonátor. A vaslemezről készült mérődoboz belsejében normál légnyomású levegő van, mely az inga szükséges csillapítását biztosítja. A kerámialapok közötti résben a levegőnek további fontos funkciója van: gyenge mechanikai csatolást hoz létre a két inga között. A két szimmetrikus inga finom csatolása révén egy éles rezonancia-görbájű mechanikai rezonátort képez. Az ingák mozgását két optikai mozgásdetektor méri (D_1 és D_2), melyek felbontása 2 μm körül van. A D_1 és D_2 optikai mozgásdetektorok jelei adatrögzítő számítógépre kerülnek.

A laboratóriumnak vibrációs zaj nélküli területen kell lennie, például, nem lehet forgalmas út mellett, vagy nagyteljesítményű munkagépek, villanymotorok közelében. A gravitációs mérések szélmentes időszakban végezhetők, ugyanis bármennyire légszigetelt a laboratórium, a külső, nagytérfogatú mozgó levegő erősen zavaró dinamikus gravitációs hatást fejt ki az ingára. A mérőeszköz tehát erősen „front-érzékeny”, képes 50-100 km-es távolságból is viharokat jelezni.

Optimális zajkörnyezetben a két csatolt inga alapállapotú lengési amplitúdója 20 mikron alatt marad. Az **5. ábrán** feltüntetett külső M_s tömeget (forrástömeget) a dinamikus gravitáció mérésekor vízszintes irányban szinuszosan mozgatjuk egy parányi villanymotor segítségével. Az R kölcsönhatási távolság tipikusan 30 cm-es tartományba esik. Ha a gerjesztési frekvencia megegyezik a kettős inga sajátfrekvenciájával, létrejön a rezonancia-gerjesztés. Ekkor a kettősinga lengési amplitúdója lassan megnövekszik és a két inga között stabil lebegési folyamat (lassú periodikus energiacsere) alakul ki. A rövidség kedvéért a továbbiakban az új gravitációs mérőeszközt GMCP-vel rövidítjük (*Gravity Measure with Coupled Pendulums*).

Mérési tapasztalatok

- Áramló levegő gravitációs hatása. A GMCP előtt 30 cm-es távolságban a kerámialapokkal párhuzamosan 2 méter hosszú, félcolos alumínium csőbe tüdővel levegőt fújtam. Minden egyes fújást követő 2-3 másodperc után erőteljes fázisváltozást mértünk.
- Áramló víz gravitációs hatása. Az említett félcolos alumínium csövön keresztül közönséges csapvizet engedtünk át hálózati nyomáson. Ismét néhány másodperces késleltetéssel erőteljes fázisváltozást mutatott a GMCP berendezés, mely lassan lecsillapodott. A víz elzárása után ugyancsak hasonló jelenséget figyeltünk meg.
- Forgó tömeg hatása. Kereskedelembe kapható kétoldalas köszörűgépet használtunk erre a célra. A köszörűgép 230V/175 W-os segédfázisú motorral hajtott, azaz nincs kommutátora, ami elektromos zavart okozna. A köszörűgép teljes tömege hozzávetőlegesen 4 kg. A köszörűgép és a GMCP távolsága 2,5 méter volt. A köszörűgép bekapcsolás után a teljes fordulattát kb. 5 másodperc alatt veszi fel. A köszörűgép gyorsulása a középső időharmadban a legnagyobb, ekkor erőteljes fázismodulációt mutatott a GMCP. A teljes fordulatszám elérése után, egyenletes fordulatszámánál a GMCP lassan visszatért az alapállapotú mozgásához. A köszörűgép kikapcsolásakor hasonló jelenség volt megfigyelhető. Fontos irányfüggést tapasztaltunk, a gravitációs hatás ak-

kor volt a legerősebb, amikor a köszörűgép tengelye a GMCP irányába mutatott, és a leggyengébb akkor, amikor erre merőlegesen állt.

Nagy meglepetésre, a GMCP elektromágneses zavarokra, fényre is érzékenységet mutat, annak ellenére, hogy a külső lágyvas burkolata teljesen zárt:

- A laboratórium egy ablak nélküli garázs. A belső világítást lekapcsolva és a GMCP alapállapotú lengését megvárva, egyszerű zseblámpával kb. 2 méter távolságból ráviláztattam a GMCP árnyékoló dobozára. Két-három másodperc múlva a monitoron jelentkezett a fázismoduláció. Lényeges, hogy kis gravitációs perturbációk esetén az átadott energia olyan kismértékű, mely nem tudja megváltoztatni a GMCP ingáinak energiáját, de a lengési fázisokat képes modulálni.
- Ugyancsak a sötétített garázsban a GMCP közelében ülve gyufaszálat gyújtottam, késleltetve megjelent a monitoron a fázismoduláció.
- Mobil telefonon hívtak, amikor a GMCP-től szokásosan 2 méterre ültem a monitor előtt. A telefonhívás hatására szintén kb. 2-3 másodperc késleltetéssel erős modulációs hatást mutatott a monitor. Ugyanez a jelenség mutatkozik mobiltelefonos híváskezdeményezéskor is.
- A GMCP-től 3 méterre egy 1500 W-os hőszugárzót kapcsoltam be. A hőszugárzó zárt felépítésű, ventilátor és irányító tükör nélküli. Amint a hőszugárzó külső burkolata melegedni kezdett, a GMCP alapállapotú amplitúdója növekedni kezdett és jelentkezett a fázismoduláció is. Ugyanez a jelenség, lassú lefolyással tapasztalható a hőszugárzó kikapcsolásakor.
- 100 W-os, terhelés nélküli transzformátor rövid idejű bekapcsolása a GMCP-től fél méter távolságban. A fázismoduláció késleltetve jelentkezik.
- 1kW-os inverter (24VDC/240VAC) üzemeltetése a GMCP-től 2 méter távolságra, terhelés nélkül. A GMCP ingái növekvő, majd állandósult külső zavart mutatnak.

Magyarázatot igényel, hogy a kísérleteket általában miért kikapcsolt világításnál célszerű végezni. Az ok igen egyszerű, a GMCP érzékeny a hálózati feszültség ingadozásból származó lámpafény ingadozásra, ami a mérést képes zavarni (ez a változó erősségű fény által keltett dinamikus gravitációs hatás). Megbízható méréseket igazán éjszaka lehet elvégezni, ugyanis a felhőkkel modulált napsugárzás épületen belüli dinamikus gravitációs hatása erősen zavaró a méréseknél.

A GMCP kísérleteknek kiemelkedő jelentősége lehet a gravitáció és az elektromágneses kölcsönhatás kapcsolatának megismerésében. Mivel a kísérleti tapasztalatok nem tekinthetők szokványos gravitációs jelenségeknek, a továbbiakban ezeket nevezhetjük röviden *elektrogravitációs* jelenségeknek. A nemzetközi szakirodalomban a GMCP mérési módszerrel, vagy hasonló elven működő gravitációs mérőeszközzel még nem találkoztam. Amennyiben a GMCP pofiszinten elkészített változatai is igazolják a dinamikus gravitációs kísérleteinket, annak óriási elméleti jelentőségén kívül egyben egyszerű, olcsó, kényelmesen és gyorsan kezelhető gravitációs mérőeszközhöz jutunk. A GMCP egyszerűsége és olcsósága miatt demonstrációs eszköz lehet a középiskolákban, de akár az elemi iskolákban is.

Kísérleteink kapcsán sokan gondolhatnak arra, hogy sikerült *gravitációs hullámokat* produkálni és detektálni, amit a világ nagy kutatóintézeteinek eddig még nem sikerült. Tehát a kísérleteink biztosan hibásak. Most rögtön le kell szögezni, hogy nem gravitációs hullámokkal kísérletezünk, pontosabban nem az általános relativitáselméletében (GRT) definiált gravitációs hullámokkal. A GRT szerint a gyorsuló tömegek, így például Kepler pályákon keringő tömegek (bolygók, holdak, kettős csillagok, stb.) gravitációs hullámok formájában folyamatosan energiát sugároznak ki. Ez a sugárzási teljesítmény általában nagyon kicsiny, például a Föld gravitációs sugárzási teljesítménye 100 W nagyságrendű. A GRT-ben definiált gravitá-

ciós hullámokat a zárt, konzervatív gravitációs rendszerek bocsátják ki. Viszont a kísérleteinkben tapasztalt erős gravitációs zavarokat minden esetben külső energiaforrásokkal idézzük elő, emiatt zárt gravitációs rendszerről nem beszélhetünk.

Hogyan magyarázhatjuk a legegyszerűbben a kísérleteink eredményeit?

A pontos jelenségkört ma még nem ismerhetjük, de hogy mérhető fizikai kölcsönhatásról van szó, ez a szemünkkel látható a számítógép monitorán. Ami biztos, hogy a mérőeszközeink (ingák) nyugalmi állapotát, alaplendését megzavarja valami külső, nem-kontakt fizikai hatás (tömegek mozgatása, forgatása, lámpák villogtatása, hőszigetelő ki-be kapcsolása, rövid idejű levegő, vagy víz áramoltatása, mobiltelefon hívás, transzformátorra ki-be kapcsolása, működő inverter, stb.) Mérőeszközeink a gravitációs, illetve elektromágneses zavarforrások változásaira egyaránt reagálnak. Ilyenkor térben és időben változó *energiasűrűség-eloszlás* keletkezik, az energiasűrűség-zavar tovább terjed a térben (az „éterben”) és eljut a gravitációs detektorhoz. A mérőeszközeink valóban a gravitációra vannak kiélezve, hiszen elektromosan, mágnesesen árnyékolnak. A feltételezett dinamikus gravitációs, vagy *elektrogravitációs* zavar terjedési sebességéről az egyszerű kísérleteink nem adhatnak információt, az viszont minden esetben tapasztalható, hogy a mérhető zavar néhány másodperc eltelte után jelentkezik a monitoron. A késleltetési jelenség egyszerűen értelmezhető, a detektortömegek lassan induló modulált mozgásának ki kell emelkednie a háttérzajból, amihez némi idő, néhány másodperc szükséges. A késleltetési jelenség egyben igazolja, hogy a digitális mérőrendszerünk nem direkt villamos zavart érzékel, mivel az ilyen zavar azonnal látható lenne a monitoron.

A kísérleti tapasztalatok lényegét azzal lehet összefoglalni, hogy a nagy lengésidejű fizikai inga és a GMCP rezonátor *gravitációs tranziensek mérésére alkalmas eszközök*. Megállapítható továbbá, hogy a gravitációs tranziensek rövid idejűek, de meglepően erősen hatnak. Az impulzus-szerű gravitációs zavar után idővel beáll egy új tömegeloszlás és ezzel egy új térbeli energia-eloszlás, amelyet már a sztatikus gravitáció jellemzi. A Cavendish ingák 20-40 perces lengésidejükkel *aluláteresztő szűrőként* viselkednek, a gyors gravitációs tranziensekre nem reagálnak, de képesek a sztatikus gravitációt kimérni. Az itt ismertetett új gravitációs mérőeszközök viszont éppen a gravitációs tranzienseket érzékelik az egy perc alatti lengésidejükkel.

Az elektromágnesség gyakorlati alkalmazási területein a gyors energiaváltozási folyamatok jellemzőek, tehát amennyiben az elektromágnesség összekapcsolódik a gravitációs jelenségekkel (elektrogravitáció), akkor ezeket elsősorban az új, gyors működésű *gravitációs detektorokkal* célszerű tanulmányozni. A kísérleteink tehát az elektrogravitáció jelenségének létezését valószínűsítik.

6. Gravitációs árnyékolás, antigravitáció

Ebben a témakörben sok a félreértés, tévhit és bizonytalanság. Már a régi tudományos-fantasztikus irodalomban is gyakran megtaláljuk az *antigravitációt*, pontosabban a *gravitációs taszítást*. Az „UFO”-k hajtóművéről ma is sokan feltételezik, hogy azok valószínűleg antigravitációs elven működnek és ennek a vélekedésnek a fizikai tartalma nem kizárt tudományos szempontból (mármint a gravitációs taszítás). Az antigravitáció tudományos gondolata kezdettől fogva abból indult ki, hogy az elektrosztatika Coulomb törvénye képletben teljesen analóg a gravitációs törvénnyel. Mivel az elektrosztatikában mind a vonzás, mind a taszítás előfordul, feltételezték, hogy a Newton-i gravitációs törvénynek is létezhet taszító változata. A következő, logikailag elhibázott feltételezés az volt, hogy az *antianyag* gravitációsan taszítja a közönséges anyagot. Az antianyag fogalma *Dirac relativisztikus kvantumelméletében* jelent meg. Kísérletileg először a pozitron kimutatásával sikerült igazolni az antianyag létezését. A Dirac elmélet folytatásaként bizonyítást nyert az ún. *CPT tétel*. A részletek ismeretése nélkül a CPT tétel többek között azt állítja, hogy az antianyag fizikai viselkedése telje-

sen azonos a közönséges anyagával, tehát az antianyag ugyanúgy vonzóan gravitál antianyaggal és közönséges anyaggal is. Sajnos, a nagy erőfeszítések ellenére egyelőre a meggyőző kísérleti bizonyítékok hiányoznak.

Az antigravitációhoz kapcsolható fogalom a *gravitációs árnyékolás, gyengítés és gravitációs szigetelés*. A sztatikus elektromos teret Faraday kalitkával, a sztatikus mágneses teret ferromágneses anyagú burkolatokkal tudjuk árnyékolni, vagy gyengíteni. Megmutatható a klasszikus elektrodinamikában, hogy az elektromos és mágneses tér árnyékolásához *energiát kell befektetnünk*, tehát ha létezik a gravitációs tér árnyékolása, vagy gyengítése, ehhez is energiát kell befektetnünk. Ha ez nem így lenne, egyszerű módon termelhetnénk energiát a „semmitől”: Egy nagy tömegű test alatt szigetelnénk, vagy árnyékolnánk a nehézségi erőteret, a tömeget könnyedén felemelnénk tetszőleges magasságba, majd megszüntetnénk a test alatt a gravitációs árnyékolást. Ebben a pillanatban a test súlya megnövekedne és helyzeti energiájánál fogva nagyobb munkavégzésre lenne képes, mint amennyit a felemeléskor befektettünk.

Természetesen, mint ahogy van elektromos és mágneses árnyékolás, a fizika ismert törvényei elvileg nem zárják ki a gravitációs erőter árnyékolását, gyengítését sem. Ha például a rakéták fellövése előtt a rakéta alatt akár csak tíz százalékkal lehetne csökkenteni a nehézségi gyorsulást, tekintélyes mennyiségű üzemanyagot lehetne megtakarítani. Érthetően sokkal gazdaságosabb lenne a földön energiát befektetni a gravitációs tér gyengítésére annál, mint-hogy a rakéta magával vigye a nagy tömegű üzemanyagát.

Korábban a gravitáció vonatkozásában végeztek olyan kísérleteket, melyeknél különböző anyagokból készített hengerekkel vették körül a Cavendish ingát abból a célból, hogy mennyiben változik meg a forrástömegek gravitációs hatása. A hengeres geometriájú anyagok tömege nem befolyásolhatja az inga kitérését a hengeres szimmetria miatt. A megbízható mérések azt mutatták, hogy a gravitációs állandó nagyságát a szigetelő anyagok nem befolyásolják. Innen ered az a megcsontosodott vélekedés, hogy a gravitáció nem szigetelhető, nem árnyékolható. Időközben (a huszadik század második felében) születtek olyan fizikai elméletek, melyek szerint gravitációs árnyékolásnak, pontosabban *gravitációs abszorpciónak* léteznie kell, mely feltehetően nagyon gyenge. Ennek igazolására a 60-as évektől kezdve számos laboratóriumi és nem-laboratóriumi kísérletet is elvégeztek. Mivel a gravitációs abszorpció vélhetően igen kis effektus, a laboratóriumi kimutatása nagyságrendekkel nehezebb feladat, mint a gravitációs állandó kimérése, mely utóbbi sem könnyű. A nem-laboratóriumi mérések közül kiemelendők a *napfogyatkozások* idején elvégezhető *graviméteres* mérések. Napfogyatkozás esetén a Hold nemcsak a Nap fényét takarja el, de árnyékolhatja a Nap gravitációs terét is. Ezeket a méréseket nagy gondossággal végezték el, ennek ellenére csak egy felső határt sikerült megállapítani a gravitációs abszorpció mértékére. A mért effektus a laboratóriumi mérésekhez hasonlóan nagyon kicsinek, gyakorlatilag elhanyagolhatónak adódott. Az abszorpciós mérések nehézségeinek ismertetése egy külön tanulmány tárgya lehetne. A kapcsolódó kísérleteket az amerikai *G.T. Gillies* professzor részletesen összefoglalja az egyik dolgozatában.

A gravitációs árnyékolás lehetőségének kísérleti vizsgálata még a huszadik század elejére nyúlik vissza. A témának fontos magyar vonatkozása van, hiszen Eötvös Lorándot nagyon érdekelt a gravitáció árnyékolhatósága, és különleges gravitációs kísérleteket végzett ennek vizsgálatára. Gondos mérései alapján arra a következtetésre jutott, hogy laboratóriumi tömegmérésekkel a gravitációs árnyékolás nem mutatható ki.

Az olasz kísérleti fizikus, *Q. Majorana* (1871-1957) munkásságának tekintélyes részét a gravitációs árnyékolási kísérleteinek szentelte. Laboratóriumi kísérleteit nagy pontossággal és megbízhatóan végezte, számos kísérleti módszert eszelt ki. A legismertebb módszere a higanyal végzett gravitációs kísérlet volt, amelynél 100 kg higanyt használt a gravitációs árnyékolás céljára. A mérés lényege, hogy a mintatömeg súlyának változását mérte, miután a mintatömeg köré, légmentes vékony fallal elválasztva higanyt öntött. A mérések alig mutattak ki súlyváltozást, pedig a mérés érzékenysége rendkívül nagynak bizonyult. Majorana biz-

tosra akart menni és további mérési módszereket is kipróbált, a higanyon kívül több száz kilogramm ólomtömeget használt a gravitációs árnyékolás, pontosabban a gravitációs abszorpció kimutatására. Az évekig tartó kísérletek azt a végeredményt hozták, hogy ha létezik egyáltalán gravitációs árnyékolás, tehát az anyagnak (tömegnek) gravitációs abszorpciója, akkor az nagyon kicsiny lehet (a mérhetőség határán). Az elmúlt évtizedekben is végeztek abszorpciós méréseket a legmodernebb technikák felhasználásával, és az anyag gravitációs abszorpciós állandójára egyre kisebb értékeket kaptak.

A gravitációs árnyékoláskérdésnek elméleti szempontok miatt nagy jelentősége van. Egyrészt gravitációs abszorpció létezése esetén Newton gravitációs törvényét kiterjedt testek esetén módosítani kellene. A nagyobb problémát Einstein ekvivalencia elvének *sérülése* jelentené. Einstein ekvivalencia elvét egy gondolatkísérlettel, a gyorsuló lift-kísérletével szemléltette, amely szerint egy liftben lévő emberek semmiféle kísérlettel nem tudják eldönteni, hogy nyugvó gravitációs térben vannak, vagy egy gyorsuló liftben. Ha a gravitáció a liftben valamilyen anyaggal gyengíthető lenne, akkor egyből tudnák, hogy nyugvó gravitációs térben vannak.

A gravitációs árnyékolással kapcsolatban, 1992-ben szenzációs kísérletről számolt be *E. Podkletnov* és *R. Nieminen*. A kísérletükben gyorsan forgó, kb. 150 mm átmérőjű, magas hőmérsékletű ($T \approx 70$ Kelvin-fok) *szupravezető kerámia* tárcsát vízszintes síkban forgattak nagy fordulatszámmal, 100 kHz-es elektromágneses térben. A szerzők szerint a forgó tárcsa fölött a földi gravitációs tér kb. 1-2 százalékos csökkenését tapasztalták (sajnos utólag ellentmondó adatok jelentek meg a csökkenés mértékéről). Az elmúlt évek alatt a Podkletnov kísérletet több helyen megismételték, elméletileg is vizsgálták, de eddig nem sikerült véglegesen és megnyugtatóan igazolni az árnyékolási effektust. A NASA például négy éven keresztül próbálkozott a kísérlet megismétlésével, de a végeredmény hasonló lett, mint a *hideg fizió* esetében, azaz nincs egyértelmű pozitív eredmény. A témához kapcsolódó tudományos állásfoglalások többsége azt sugallja, hogy bár a Podkletnov-kísérlet publikált eredménye valószínűleg tévedés volt, mindazonáltal az elméleti fizikusok fontosnak tartják a szupravezető anyagoknak a lokális gravitációs térre való hatásvizsgálatát.

Tudomásunk van arról is, hogy jó néhány éve amatőr kísérletezők és profi fizikusok USA-ban és Japánban végeztek súlycsökkentési kísérleteket ultra-nagy fordulatszámú pörgettyűkkel. A pörgettyűk súlycsökkenését *mikrogramm* felbontású mérlegekkel ellenőrizték és a súlycsökkenést állítólag sikerült kimutatni.

Gravitációs taszításról a nemzetközi tudományos szakirodalomban gyakorlatilag semmi konkrétum nem található kísérleti szinten. Egyes elméleti modellek szerint igen magas hőmérsékleten (például az univerzum keletkezésekor) a *gravitációs állandó előjele megfordulhatott*, ez a taszító gravitációnak felel meg. A csillagászati megfigyelések szerint a még látható, nagyon távoli galaxisok és szuper-galaxisok gyorsulva távolodnak (távolodnak), ami utalhat a közöttük érvényesülő gravitációs taszításra.

Fontos megjegyzés: a gravitációs árnyékolás fogalmát célszerű pontosítani, ugyanis a gravitációs árnyékolási jelenség magyarázható a gravitációt közvetítő *gravitonok abszorpciójával*, de magyarázható egy kismértékű, ismeretlen eredetű *gravitációs taszítás* fellépésével is.

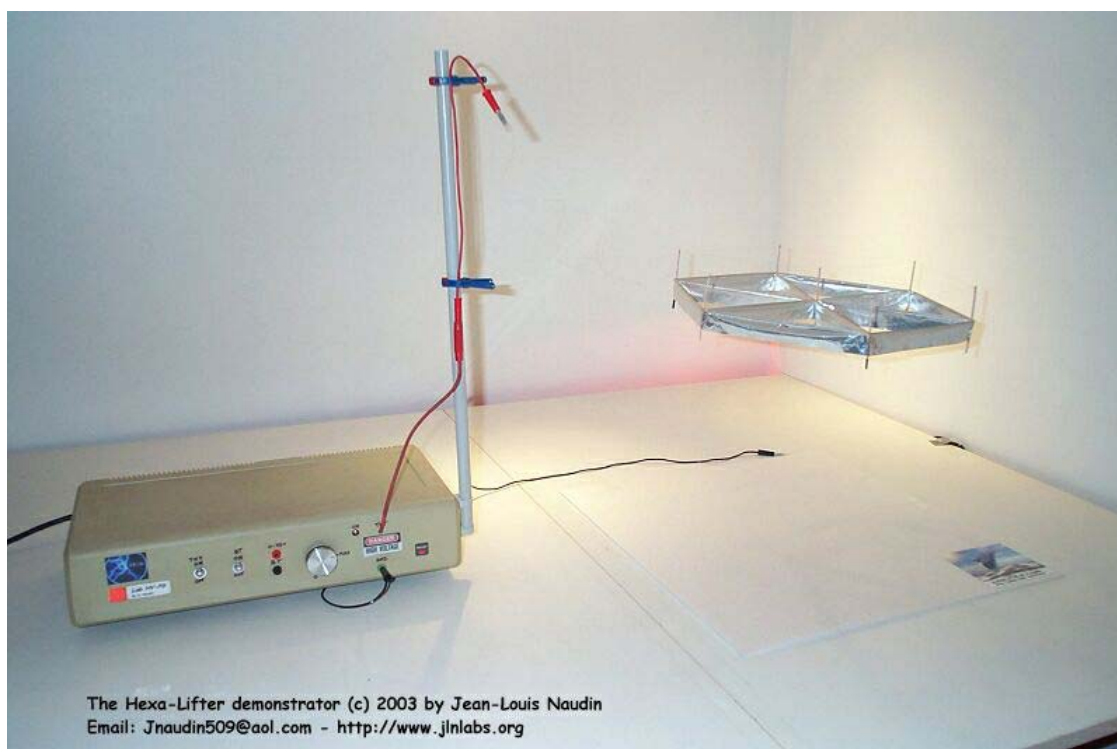
A kísérleteink egyértelműen kimutatták, hogy a dinamikus gravitáció esetén a vonzás és taszítás azonos erősségben jelentkezik, de jellemzően csak *időlegesen*. A taszító gravitációnak gyakorlati jelentősége valójában csak a sztatikus gravitációnál lenne.

A sztatikus árnyékolás, gyengítés tekintetében azonban ma már léteznek megfigyelések, illetve sikeres kísérletek. Az alábbiakban fontos kísérleti eredményeket mutatunk be, melyek alátámasztják a sztatikus gravitáció gyengíthetőségét, általában a gravitáció „manipulálhatóságát”.

Elektrogravitációs kísérletek

A saját fejlesztésű GMCP detektorral sikerült az elektromágneses hullámok, ezen belül a fény és a hőmérsékleti sugárzás gravitációs hatásait kimutatni. Nem meglepő, hogy a világ számos helyén sikerült az elektromosság és a gravitáció kapcsolatát kísérletileg bizonyítani. Az első említésre méltó elektrogravitációs kísérletek az 1950-es években kezdődtek az USA-ban, *Thomas Townsend Brown* vezetésével, aki már az 1920-as években elkezdte az ilyen irányú kutatásait. A kísérleteit az amerikai légierő is figyelemmel kísérte, de nem tartotta gyakorlati alkalmazásra megfelelőnek, az 1960-as évek közepén a kutatások be is fejeződtek. A legfontosabb elért eredményt *Biefeld-Brown effektus* néven ismeri a szakirodalom. A kísérlet lényege, hogy egy harang alakú, valószínűleg alumíniumból készített könnyű „repülő csészعالj” formát függesztenek fel egy szigetelő zsinórral. A harang alsó részéhez szigetelten rögzítenek egy másik fémlemezt, ez a negatív elektróda. A harangtest a pozitív elektróda, melyet 50-100 kV-os egyenfeszültségre kapcsolnak. A harang átmérője megközelíti a fél métert. Az eszköz lényegében egy nagyméretű, de relatíve kis kapacitású kondenzátor. A nagyfeszültségű feltöltéssel az eszköz felemelkedik.

A nagyfeszültséggel modulált gravitációs jelenséget sokan vizsgálták, a leglátványosabb eredményeket a francia *J. L. Naudin* érte el, aki az elmúlt években rendszeresen publikál különleges fizikai kísérleteket az Interneten. Naudin könnyű fémkeretre szigetelten alufólia felületeket ragaszt és 20-50 kV-os feszültségre tölti fel ezeket a „repülő kondenzátorokat”. A Naudin-féle „lifter” kísérletek egyértelműen igazolják az eszközök felemelkedését a levegőbe (6. ábra):



6. ábra: A nagyfeszültségre töltött pillékönnyű kondenzátor lebeg.

A fényképen nem látszik, de a repülő kondenzátorra a nagyfeszültség két vékony dróton keresztül csatlakozik, és kicsiny, de folyamatos áramfelvétel mérhető. Ez azt jelenti, hogy a repülő kondenzátor csekély mértékben ionizálja a levegőt.

Jelenleg nincs információnk, hogy ezekről a különleges elektrogravitációs kísérletekről Naudin tudományos lapokban publikált-e egyáltalán. A „hivatalos” tudomány sem tud az ilyen kísérletekhez hozzászólni, mivel jelenleg nem létezik a világon általánosan elfogadott

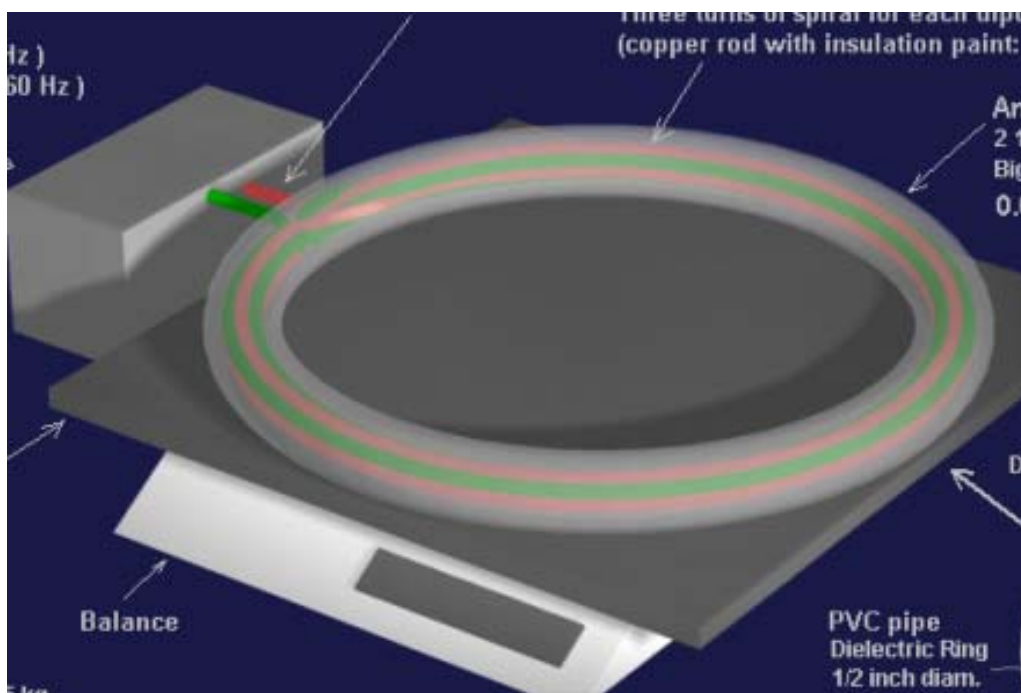
elektrogravitációs elmélet. Általában az is elmondható, hogy antigravitációval, elektrogravitációval tudományos folyóiratokban elvétve lehet találkozni.

A repülő kondenzátoros kísérletek nyilvánvalóan a Biefeld-Brown találmány újra-élesztésének felel meg. A „szkeptikusok” a jelenséget ionszél hatásnak, korona-kisülésnek tulajdonítják, ennek viszont ellentmondani látszik, hogy a Biefeld-Brown kísérletet légritkított vákuumkamrában is sikeresen elvégezték. Más kísérletek szerint a lifterek vákuumban nem emelkednek fel. Az ionszél hatásnak ellentmondanak azok a számítások is, miszerint ez a hatás oly mértékben kicsi, mely nem ad magyarázatot a jelenségre. Az ionszélnek az is ellentmond, hogy a világszerte megismételt kísérletet különböző formájú alufólia kondenzátorokkal végezték, az ionszél irányát pedig nyilván a kiálló csúcsok iránya határozza meg (ez az ismert *csúcs hatás*).

Naudin egyszerű „antigravitációs” kísérletét ma már közel 200 helyen sikeresen megismételték, ezek egy részét fényképekkel tanúsítva Naudin publikálta a honlapján. Ma már fiatal gyerekek is hobbiként kísérleteznek az elektromos lifterekkel.

FIGYELMEZTETÉS: a kísérlet megismétléséhez gyakorlott villamos szakember közreműködése feltétlenül szükséges, mivel a szükséges nagyfeszültség halálos áramütést okozhat!

Ha elektromos nagyfeszültséggel lehetett a gravitációt befolyásolni, vajon igaz lehet ez elektromos árammal is. Ezen a téren különleges kísérleti eredményeket ért el a brazil *Fran De Aquino* professzor. A kísérlet vázlatát a **7. ábrán** láthatjuk:



7. ábra: Súlycsökkentés nagyáramú tekercsekkel.

A **7. ábra** szerint két független, három menetes, nagyon vastag réz drótból álló tekercs egy digitális mérlegen helyezkedik el. A tekercsek egy vastagabb műanyag csőben vannak befűzve, a csőben meglévő, illetve a tekercsek közötti légrések nagy mágneses *permeabilitású* vasporral vannak „kitömve” ($\mu=25000$). A műanyag cső átlós mérete 640 mm. Az ábra bal-felső sarkában van egy nagy áramú tápegység, egy 220/35 Voltos, 60 Hz-es transzformátor, mely 300 Amperes váltóáramot biztosít a tekercseknek. A két tekercs valószínűleg sorba van kötve,

de erről nem találunk pontos információt Naudin honlapjáról, aki megismételte Aquino kísérletét. Naudin valószínűleg azért használt két, teljesen szimmetrikus tekercset (zöld és piros színjelzéssel), hogy azokat „ellenirányba” kapcsolva ellenőrizni tudja a gravitációs hatás megszűnését. Aquino mérése szerint a 35 kg-os tekercsrendszer súlya 300 Amper hatására 11 kg súlyra csökkent. Ezt a meglepő súlycsökkenést viszont Naudin a megismételt kísérletében nem tapasztalta. Időközben kiderült, hogy Aquino nem is végzett ilyen kísérleteket, tehát állításai egyszerűen nem igazak.

7. A gravitáció titka

Az eddigieket alaposan elolvasva, az Olvasó meggyőződhet arról, hogy a gravitációról sokkal többet tudunk, mint ami a „hivatalos” iskolai tankönyvekből megismerhető. De továbbra is számos kérdés marad megválaszolatlan, az Olvasóban továbbra is megmaradnak bizonytalansági érzések. A fizikusok számára is például a mai napig megfejtetlen maradt, hogy tulajdonképpen hogyan is „működik” a gravitáció. Persze ha belegondolunk, ugyanez a kérdés nyitott az elektromágnesség tekintetében is, például, hogyan vonzza a vasat a mágnes (Faraday mezőelmélete tetszetős, de nem magyarázza a fizikai működést). Mivel a villamosítást ma már az emberiség biztosan kezében tartja (rádió, televízió, számítógép, stb.), az elektromágnesség megszokott, elfogadott dologgá vált. A gravitációt viszont nem tudjuk manipulálni, hétköznapi gyakorlatban hasznosítani, ezért mind a mai napig misztikus homály veszi körül. A tudományosan gondolkodó embert viszont először igazán nem a működési mechanizmus érdekli, hanem hogy egy-egy jelenség hogyan írható le minél pontosabban. A fizikus matematikai képletekkel modellez, ezt tette Newton is nagy sikerrel. Newton elméletével nagyok sok mindent előre ki tudunk számítani, tervezni tudjuk az űrhajók pályáját, keringési magasságát, szondát tudunk küldeni a Marsra, vagy a távolabbi bolygókra, stb. Valójában sem Newton, sem Einstein nem értette a gravitáció működését, és ma sem tudja megmagyarázni senki.

Van azonban a gravitációnak egy nagyon fontos feltétele, amelyről eddig nem beszélünk, és bár a fizikusok ismerik ezt a feltételt, de ritkán említik, a tankönyvek sem fektetnek erre különösebb hangsúlyt. A dinamikus gravitációval kapcsolatosan fontos feltételként említettük a disszipációt, köznyelven szólva a hőfejlődéssel járó súrlódást. A visszatérő űrhajó rendkívüli mértékben felmelegszik a légkörben érve, sajnos ennek űrhajós áldozatai is voltak (a Columbia űrsikló 2003 február elsejei visszatérésekor a légkörben elégett, hét űrhajós áldozata volt). Szerencsére a légköri súrlódás véd meg bennünket a nagyszámú, „égből lehulló” meteoritoktól, mivel túlnyomó részük a légkörben elég, elpárolog. A világűrben „repkedő” tárgyak tehát csak akkor kerülhetnek a Föld fogságába, ha tetemes energiát disszipálnak. Fizikus nyelven fogalmazva, a gravitációs kötés feltétele a *gravitációs kötés energiáinak disszipálása*. A jelenség teljesen analóg az atomok, atommagok kötéséhez. Egyszerű példa, a szén elégetésekor jelentős hőenergia szabadul fel, ennek során a szénatomok az oxigén atomokkal egyesülnek, kötött állapotba kerülnek. A hidrogénbomba estén hatalmas energia szabadul fel, amikor a hidrogén izotópjai a hélium atommagjává egyesülnek, ezzel nagyon erősen kötött állapotba kerülnek. Tudjuk, hogy a Napban lényegében ez a folyamat játszódik le. A gravitációs kölcsönhatás feltétele tehát a *gravitációsan kötött állapot létrejötte*, de ez minden esetben *energia disszipációval, hőenergia felszabadulással jár*.

Mindezek ismeretében az antigravitáció problémája azonnal megoldható: a gravitációs kötéssel járó *energiahiányt vissza kell pótolni*. Ha a testeknek megnöveljük az energiáját, akkor fokozatosan gyengíthetjük, illetve meg is szüntethetjük a gravitációs kötetést. Hétköznapi példa a mesterséges égitestek felbocsátása: egy űrhajót földköri pályára tudjuk állítani, ha felgyorsítjuk 8 km/s sebességre, ami földi viszonylatban bizony tetemes nagyságú sebesség. Az űrhajó felgyorsításával annak kinetikus energiáját növeljük meg, és ezzel kompenzálni tudjuk az űrhajó gravitációs energiahiányát.

Most végezzünk el egy egyszerű gondolkísérletet. A felbocsátott űrhajót zárjuk két „láthatatlan” fal közé, és a két falat közelítsük egyre jobban az űrhajóhoz. A láthatatlan falak legyenek tökéletesen rugalmasak, ekkor az űrhajó 8 km/s-os sebességgel pattog a két fal között (tegyük fel, hogy az űrhajón nincsenek emberek, és az űrhajó nem roncsolódik, tökéletesen rugalmas gumilabdaként viselkedik). A földi megfigyelő azt látná a megfigyelőhöz képest nyugalomban álló falak esetén, hogy az űrhajó lebeg az égbolton.

Hasonló módon értelmezhető az előző fejezetben említett pörgettyű kísérletben mért parányi súlycsökkenés. A külső energiával felpörgetett pörgettyűnek megnő a kinetikus energiája, amely kismértékben kompenzálja a pörgettyű gravitációs energiahiányát.

Végezetül a fentiek alapján könnyen magyarázhatjuk az előző fejezetben leírt két elektrogravitációs jelenséget is. Mindkét esetben külső energia átadásával pótoljuk a gravitációs energiahiányt. Annál látványosabb az eredmény, minél nagyobb energiát tudunk „betárolni” az antigravitációs szerkezetekbe. Az alufóliás „repülő kondenzátorok” a külső energiát a nagyfeszültségű tápegységből nyerik, a tárolható gravitációs kompenzációs energia:

$$E = \frac{1}{2} CU^2,$$

ahol C a repülő kondenzátor kapacitása, U a felkapcsolt feszültség. Az antigravitációs hatás a feszültség növelésével négyzetesen nő. A feszültség felső határát valóban a nagyfeszültségű „koronakisülés” fellépése jelenti, amit célszerű elkerülni (a kísérleti helyiségben legyen nagyon alacsony a páratartalom). A nagyáramú tekercsben tárolható gravitációs kompenzációs energia:

$$E = \frac{1}{2} LI^2,$$

ahol L a tekercs önindukciója, és I a tekercsen átfolyó áram. A látványos antigravitációs hatást a képlet szerint az önindukció és az áramerősség növelésével tudjuk elérni. Az önindukció növelését szolgálja a speciális tekercskialakítás a nagy mágneses permeabilitású vasporos feltöltéssel. A tekercsben alkalmazott nagyon vastag rézvezeték biztosítja a nagy áramerősséget, hiszen a tárolt energia az áramerősség négyzetével arányos.

A fentiekre tisztán elméleti úton jutottunk, azzal a feltevéssel, hogy ha a testeknek visszaadjuk a disszipált energiát, akkor visszakerülnek abba az eredeti állapotukba, amikor még a Föld vonzási határon kívül voltak. Ebből az is következik, hogy kisebb mértékű energia visszapótlással súlycsökkenés, illetve a lifterekhez hasonló lebegés lenne elérhető. Paradoxon, hogy az elméleti logikánk nem minden esetben működik, sőt a relativitáselmélet szerint energiaközléssel a testek tömege piciny mértékben megnő, ami feltevésünkkel ellentétben piciny súlynövekedést okoz. Gondoljunk például a nagykapacitású ólomakkukra, melyek tetemes energiát képesek tárolni, súlyuk viszont a hétköznapi tapasztalat szerint nem csökken. (Olyan mérleg nincs a gyakorlatban, amely képes lenne az ólomakku relativisztikus tömegnövekedését, és ezzel arányban a súlynövekedését kimutatni.)

Itt most eljutottunk egy különös elméleti ellentmondásra, mely szerint a gravitációs energiahiány kompenzációja várhatóan csökkenti a testek súlyát, míg a relativitáselmélet szerint a testek energiájának növelése a testek tömegének, súlyának növekedésére vezet. Ennek a kemény ellentmondásnak (paradoxonnak) szükségszerűen létezik megoldása, ez további elméleti és kísérleti munkát adhat a kutatóknak. A probléma legegyszerűbb megoldása azt feltételezi, hogy nem érvényes szigorúan a tehetetlen és súlyos tömeg arányossága. Ebből viszont az következik, hogy az általános relativitáselmélet csak azon ideális határesetben tekinthető érvényesnek, amikor a tehetetlen és súlyos tömeg arányossága jó közelítésben teljesül. Jelenleg a speciális relativitáselmélet elméleti és kísérleti bizonyítékai egyértelműen alátámasztják annak széleskörű érvényességét. Az általános relativitáselmélet (GRT), az eddigi nagy sikerei

mellett, még manapság is újabb és újabb kérdéseket vet fel (a legismertebb és legnagyobb gond, hogy a GRT és a kvantummechanika nem kompatibilis egymással). Nagyon valószínű tehát, hogy a GRT nem tekinthető véglegesen lezárt elméletnek. Ez természetesen nem tekinthető tragédiának, csak meg kell ismernünk a GRT korlátait, az alkalmazhatóságának határait.

Többek között az ólomakku példája is rávilágít arra, hogy *a gravitációs kompenzációhoz még további feltételek, speciális körülmények szükségesek*. Az antigravitációs kutatások célja éppen e különleges feltételek megteremtése, megismerése speciális kísérleteken keresztül. Mivel a hivatalos tudománynak semmi konkrét mondanivalója nincs a témáról, jobb híján mélyen hallgat, illetve feltehető, hogy bizonyos kutatások állami, katonai segédlettel titokban folynak. Itt meg kell említenünk például a sokak által halott, ismert, személyesen is látott ismeretlen „biofizikai” jelenséget, amikor különleges képességű emberek nehéz tárgyakat képesek magukhoz „ragasztva” megtartani. Néhány éve egy TV műsorban maga is láttam egy kolozsvári magyart, aki egy Lehel 60-as hűtőszekrényt tartott a mellén felpadva. A hazai tudomány „természetesen” nem reagált rá akkor sem, illetve a szkeptikusok szerint a férfi a földön feküdt és a kamerát fordították el. Hát, enyhén szólva, ez eléggé gyerekes és nevetséges érvelés. Persze inkább hallgatni arany, és ezt jól tudják a tudományból urasan, gond nélkül megélő emberek.

Nagyon valószínű, hogy a testek sebességének növelése alkalmas
a gravitációs energiahány kompenzálására!

Végezzünk el most egy egyszerű számítást a pörgettyű súlycsökkentésére. Számítsuk ki, hogy mekkora fordulatszámra éri el a pörgettyű-tömeg a mesterséges holdak sebességét. A sebesség a forgástengelynél elméletileg nulla, a kerületi sebesség viszont nagy, ezért a kerületi sebességet válasszuk meg a mesterséges holdak sebességének duplájára, azaz 16 km/s értékre (a pörgettyű átlagsebessége ekkor 8 km/s). Legyen a pörgettyű sugara egy méter, ekkor a pörgettyű kerületi sebessége és szögsebessége:

$$v = r\omega = 16000 \text{ m/s} \Rightarrow \omega = 16000 / s$$

A fordulatszám:

$$n = 60 \times \omega / 2\pi = 60 \times 16000 / 6.28 \text{ m/s} \Rightarrow n = 153 \times 10^3 / \text{perc}$$

A szükséges percenkénti fordulatszám 153 ezer az egy méteres sugarú pörgettyűnél(!), melynek megvalósítása műszakilag lehetetlen. Néhány ezres fordulat viszont a gyakorlatban megvalósítható, ezért akár néhány százalékos súlycsökkenés kimutatható lenne. Az eddig elvégzett (többnyire házilag amatőr) pörgettyűmérésekről nincsenek adataink. A pörgettyűsebesség átlagolása nem biztos, hogy a gravitációs kompenzációt is átlagolja, ezért alkalmasabb lenne gyűrű-alakú pörgettyű (pl. a biciklikerekhez hasonló küllőkkel). Fontos kiemelni, hogy a GMCP kísérletünkben az üzemelő köszörűgép gravitációs hatása egyértelműen kimutatható volt. A kísérleteink folytatásához támogatókat keresünk.

Az Interneten körbenéztem, hogy a nagytömegű vizet tartalmazó felhők milyen fizikai okokból maradnak meg nagy magasságban, hosszú ideig. A szakértői magyarázatok tömkelege tartalmaz elfogadható fizikai érveket, de érdekes módon az egyes magyarázatok sok esetben eléggé eltérőek. A meteorológusokat semmiképpen sem szeretném bántani, mégis úgy gondolom, nincs végleges elméleti magyarázat a felhők hosszúidejű létezésére. A nagytömegű, nagyméretű felhők laboratóriumi vizsgálata nyilván megoldhatatlan, de kisméreteketben a „ködkamrákban” megvalósíthatók. A ködkamrákat a magfizika hőskorában használták radioaktív anyagok sugárzásainak szemléletes kimutatására, de mérési célokra is. A felhőjelenséget vajon vizsgálták-e ködkamrában, vagy egyáltalán a ködkamra hű modellje lehet a felhőknek, a kérdések számomra nyitottak. Az antigravitáció szemszögéből viszont érdekes lehet a fel-

hők létezése. Úgy gondolom, hogy mivel a felhők többnyire nagy magasságban keletkeznek (ahol ritkább a levegő), a vízmolekulák a nagy sebességüket sokáig meg tudják tartani. Ezzel viszont lecsökken a súlyuk a sebességfüggő antigravitációs hatás miatt.

8. Függelék

A jelen munka lezárása céljából az elemi matematikában, és esetleg még az elemi fizikában is valamelyest járatos Olvasóknak összefoglaljuk az eddigi fejtegetéseink matematikai hátterét, remélhetőleg könnyen érthető módon.

A gravitáció disszipációs elmélete

A klasszikus mechanikából következik, hogy két, r távolságban lévő, m és M nagyságú tömeg gravitációs potenciális energiája:

$$U(r) = -G \frac{mM}{r} < 0.$$

A negatív potenciális energia a két tömeg gravitációs kötését fejezi ki. Megmutatjuk, hogy a gravitációs kötés a kölcsönható tömegek energia disszipációjával jöhet létre. Az energia disszipáció során ugyanis a tömegek kismértékben csökkennek Einstein képlete szerint:

$$-\Delta m = -\Delta E / c^2$$

ahol ΔE a disszipált energia és c a fénysebesség vákuumban. Legyenek az m_0 és M_0 kezdeti kölcsönhatási állapotukban. A végállapotban m és M jelöli a tömegeket, melyek kicsivel kisebbek a kezdeti állapothoz képest a disszipációs folyamat végén. A gravitációs kötési energia a tömegszorzatok különbségével arányos:

$$E_c = \beta(mM - m_0M_0) < 0.$$

Itt a β faktor egy kísérletileg meghatározott arányossági tényező. A továbbiak szempontjából a végállapotú tömegeket célszerű a következő alakban felírni:

$$m = m_0(1 - \gamma); \quad M = M_0(1 - \gamma)$$

ahol γ kicsiny pozitív szám. Ekkor a kötési energiára a következőt kapjuk:

$$E_c = -\beta m_0 M_0 (2\gamma - \gamma^2) \cong -2\gamma\beta m_0 M_0 < 0,$$

ahol a γ^2 kicsiny volta miatt elhanyagolható. A potenciális energia fent megadott, közismert alakjával összehasonlítva az utóbbi eredményt, a következőket kapjuk:

$$2\gamma\beta \cong \frac{G}{r}; \quad m \cong m_0; \quad M \cong M_0.$$

Ezzel igazolást nyert, hogy a gravitációs potenciális energia ismert képlete disszipációs tömegcsökkenésre vezethető vissza. A Bodonyi-féle fizikai ingás kísérletekben tapasztalt, illetve csillagászati megfigyelések szerinti *gravitációs taszítás* abban az esetben lép fel, ha a kölcsönható tömegek nagysága meghaladja azok kezdeti értékeit. Ekkor a levezetésünkben a piciny γ faktor negatív értékű, a gravitációs kötési energia (E_c) pozitívnak adódik.

Az „antigravitáció” a disszipációs folyamat fordítottja, a disszipált energia által okozott tömegcsökkenéseket külső energiaközléssel kell visszaállítani. Ezt a külső eredetű energiát nevezzük gravitációs kompenzációs energiának.

A gravitáció általános elmélete

A kísérleti részben élesen megkülönböztettük a hagyományosan ismert sztatikus gravitációt az újonnan felfedezett dinamikus gravitációtól. Az alábbi megfontolások alapján meggyőződhetünk arról, hogy a kétfajta jelenség hátterében valójában egy és ugyanazon gravitációs kölcsönhatás áll. Ezt nevezzük a *gravitáció általános elméletének*. Amint láttuk, a gravitációs jelenségeknél meghatározó az energia disszipáció, illetve a kompenzációs energia. Az is világos, hogy a disszipáció (súrlódás) mértékét a kísérleti körülmények határozzák meg. A Naprendszerben a bolygók, holdak súrlódás nélküli mozgást végeznek, ezért ezek képletesen szólva gyakorlatilag „örökmozgók”. Ekkor a Newton-i gravitációs elmélet, a G -vel jellemzett sztatikus (gyenge) gravitáció maradéktalanul teljesül. A másik véglet a Cavendish-féle torziós ingás kísérletek, amikor a disszipáció mértéke relatíve tetemes, és a mérések a sztatikus (gyenge) gravitáció G értékére vezetnek. A fizikai, illetve matematikai ingás kísérletek a gravitációs csatolási állandóra a G értékének durván tízezerszeresét adják, ennek tényében vezetjük be a dinamikus (erős) gravitáció fogalmát.

Eredményünk tudományos fogadtatása, érthető módon, túlnyomórészt negatív volt, de például a *Galilean Electrodynamics* amerikai folyóirat nagy „harcok” árán, 2006 tavaszán leköszölte. Azt is be kell vallani, a jelenség számunkra is sokáig nagy fejtörést okozott. Pedig a megoldás végül „pofonegyszerűnek” adódott. Ugyanis a dinamikus gravitációs kísérletek fontos jellemzője, hogy a disszipáció mértéke sem túl kicsinek, sem túl nagynak nem számít. A jelenség lényegét egy egyszerű, hétköznapi példa fejezi ki. Egy közönséges „szárazelem” akkor adja le a maximális villamos teljesítményét, ha a külső terhelési ellenállás megegyezik az elem belső ellenállásával. Ekkor jelentkezik a külső terhelési ellenálláson a maximális termikus disszipáció. A két véglet, amikor a külső terhelési ellenállás nagyon nagy, illetve nagyon kicsiny. Mindkét esetben a külső terhelési ellenállások disszipációja minimális, gyakorlatilag elhanyagolható. A gravitációs analógia azonnal látható. A gyenge gravitáció azokban az esetekben tapasztalható, amikor a gravitáció „terhelés nélküli” (disszipáció-mentes), illetve a Cavendish inga esetén, amikor a gravitációs „terhelés” maximális. A gravitációs kísérletekben mindig egy energia-átadási folyamatot figyelünk meg. Villamos analógiával élve, a gravitációs energiatranszport akkor éri el a maximális értéket, amikor a *gravitációs generátor* belső impedanciája megegyezik a *gravitációs terhelés* impedanciájával.

Végezetül összefoglaljuk a sokéves kutatási eredményeinket egy általánosított gravitációs képlettel:

$$F = \pm B \frac{m(M - m)}{r^2}; \quad (m \leq M),$$

ahol a B általánosított gravitációs állandó GD szorzat alakban írható fel. A D dimenziómentes disszipációs faktort a mindenkor fizikai feltételek (kísérleti körülmények) határozzák meg. A D minimális értéke definitív egységnyi, maximális értéke megközelíti tízezres határt, a valóságban a D kísérleti értéke a két szélsőérték között van, a konkrét kísérleti elrendezés disszipációjának mértékétől függően.

A képletben figyelembe vettük a Bodonyi kísérletek eredményeit is, miszerint a gravitációs tasztítás a vonzással azonos mértékben is előfordul (plusz-mínusz előjel), valamint az azonos nagyságú (azonos geometriájú, azonos tömegeloszlású) tömegek között a gravitációs erő drasztikusan lecsökken. A második fejezetben mutatott gravitációs „gumilepedő” modell alapján ez a fontos eredmény szemléletesen ábrázolható, hiszen két egyenlő nagyságú tömeg (golyó), ha kellő távolságban van egymástól, egyenlő mértékben nyomja le a gumilepedőt, így

a golyók nem gurulhatnak össze. A gumilepedő modell azonban semmiképpen sem tekinthető tételünk egzakt bizonyítékának.

A disszipációs faktor felismerésével érthetővé válik, hogy mind a mai napig a gravitációs állandó a legpontosabban fizikai állandó, összehasonlítva a többi fontos fizikai állandóval. A gravitációs kölcsönhatás mértékét a disszipációs tömeghiány határozza meg, a Naprendszer gravitációs tömeghiányát az itt lokálisan mérhető G jellemzi. Semmi biztosítékunk arra nézve, hogy a Világegyetem minden sarkában ugyanezen G érték érvényes. A Világegyetem hiányzó sötét anyagának kérdése tehát a gravitációs állandó univerzalitását is megkérdőjelezi.

Elméletünkben az is következik, hogy a gravitáció nem árnyékolható, semmiféle szigetelőanyaggal nem gyengíthető, ezt idáig minden ilyen célú kísérlet pontosan igazolta. Ugyanis a gravitációs erő modulációja kizárólagosan a kölcsönható testek energiatartalmának megváltoztatásával valósulhat meg.

Időközben a szakmai kritika felvetette, hogy a kettős csillagok nagy része két egyenlő, vagy közel egyenlő tömegű csillagból áll, tehát a képletünk bizonyára hibás. A szimmetrikus kettős csillagok létezése azonban nem mond ellent állításunknak, ugyanis feltehető, hogy az ilyen kettős csillagok egyetlen csillag energetikailag kedvező, egyenlő résztömegű kettészakadásával keletkeztek. (Nagy tömegű csillagok fejlődése során a perdület megmaradása miatt idővel nagyon erős centrifugális erők léphetnek fel). A szimmetrikus kettős csillagot valójában a korábbi disszipáció során kialakult gravitációs kötési energia tartja össze. Állításunk kizárólag azon esetekre vonatkoznak, amikor a két egyenlő tömeg még a disszipációs folyamat előtt kerül kölcsönhatási helyzetbe.