

Fizikai felfedezések láncolata – a gravitáció

A chain of physical discoveries – gravity

KOVÁCS Zoltán

ny. egy. docens, BBTE, Kolozsvár

Abstract

The article lists scientific discoveries related to one of the fundamental interactions of physics, gravity, in chronological order from the beginning to the present day. The chain of discoveries can also be made by students in the form of projects, which can contribute to increasing interest in physics and implementing active education.

Keywords: physics, gravity, discovery, project method, interest, active education

Kivonat

Az írás a fizika egyik alapvető kölcsönhatásával, a gravitációval kapcsolatos tudományos felfedezéseket sorolja fel időrendben a kezdetektől a mai napig. A felfedezések láncolata tanulókkal is elkészíthető projektek formájában, ami a fizika iránti érdeklődés fokozásához, az aktív oktatás megvalósításához járulhat hozzá.

Kulcsszavak: fizika, gravitáció, felfedezés, projektmódszer, érdeklődés, aktív oktatás

1. Bevezetés

A természet nyitott könyv, tudni kell meglátni a benne elrejtett csodát. Newton a természettudományos megismerés folyamatát egy olyan hasonlattal érzékeltette, amelyben egy szőnyegnek csupán az egyik sarkát lebbentettük fel a vele lefedett megszámlálhatatlan titokról. Legtöbbször a tudósok a természettől lesték el a titkot, de volt, hogy elméleti okoskodás vezetett az új ismeret felismeréséhez. Természettudományos ismeretek birtokában érdekes meglátni, amint egy kezdeti felismerés időben, láncszemek módjára összekapcsolódó, egymást kiváltó ismeretsort indít el. Az ókorban az információ lassan jutott el másokhoz, előfordult, hogy el is felejtődött. Ilyen lehet a kerék többszöri feltalálása is. Manapság az új információ gyakorlatilag bárki számára azonnal elérhető. Az írás ilyen folyamatra próbál néhány példát bemutatni, a teljesség igénye nélkül, időben végigkövetni egy adott fizikai terület, jelesen a gravitációhoz köthető felfedezések egymásutániságát. Az ismeretek szintetizálásának a szükségessége a tudományok területén egyre fontosabbá válik, az ilyen munkák iránt egyre nagyobb igény mutatkozik. Egy adott terület ismereteinek a láncolatát az oktatásban is fel lehet használni oly módon, hogy ilyen feladatokkal bízzuk meg a diákokat a projektmódszeres oktatás követelményei alapján.

2. A gravitációval kapcsolatos felfedezők és felfedezéseik – időbeli sorrendben

Annak ellenére, hogy a tömegvonzás, vagyis a gravitációs kölcsönhatás a legkorábban felismert kölcsönhatás, a legkevésbé tudunk róla, befolyásolni meg éppenséggel egyáltalán nem tudjuk. A vele kapcsolatos felfedezések sora a mai napig tart. A gravitációval kapcsolatos ismereteinket az ókortól számíthatjuk, amikor Eratoszthenész a jelentős tömegvonzást létrehozó Föld méretével kapcsolatos becslését megtette. Ma a mindent elnyelő ún. *felejtett lyukakkal* kapcsolatos folyamatok tartják lázban a tudósokat. Az alábbiakban a gravitációval kapcsolatos felfedezőket és a nevükhöz fűződő fontosabb eredményeket soroljuk fel, a teljesség igénye nélkül.

Eratoszthenész (i.e. 276–196) i.e. 240 körül a Holdfogyatkozásból rájött, hogy a Föld gömb alakú, és megbecsülte a sugarát. A délkör hosszát úgy határozta meg, hogy megfigyelte, a nyári napforduló idején Szüéné nilométereiben délben nincs árnyék. Ugyanakkor, a Szüénétől 5000 stádiumnyira csaknem ugyanazon a délkörön található Alexandriában, egy gnómonnal $7,12^\circ$ fokos árnyéket mért. A délkör hossza a két város távolságának $360/7,12 \approx 50$ -szerese ≈ 40.000 km (Akkoriban az egyiptomi stádiumérték 157 m volt.)

Arkhimédész (287–212) Hieron szürakuzai király aranykoronájának az összetételét tanulmányozva rájött a folyadékokba merülő testre ható erő, az ún. felhajtóerő létre, noha nem tudta, hogy ez a Föld vonzásának köszönhető. A felhajtóerőt vették igénybe korábban az egyiptomiak, amikor a piramisok építéséhez használt kőtömböket a Níluson úsztatták. Arkhimédész nevéhez még további fontos eredmények fűződnek: a sűrűség, a gömbtükör fókusza, az emelő, nem beszélve a matematika területén elért kimagasló eredményeiről.

A gázokra is érvényes arkhimédészi törvényt jóval később a léghajók és a Zeppelinek építésénél is felhasználták. A repüléshez más jellegű felhajtóerő szükséges, ehhez a Bernoulli felfedezte törvény segített hozzá. A repüléssel kapcsolatos korai próbálkozások tekintetében a kolozsvári Martin Lajosnak is van érdeme, amint az Gábos Zoltán egyik írásából is kitetszik: „*A repülés matematikai elméletével foglalkozott. A madárrepülés elmélete, a legjobb hatásfokú légcsavar keresése és az általa javasolt "lebegő kerék" vizsgálata érdekelte. Repülőszervezeteket tervezett és próbált ki.*”

Galileo Galilei, akit méltán tekintünk a modern fizika megalapozójának, valamikor 1589 és 1592 között bizonyította be, hogy a szabadesés hasonlóképpen megy végbe bármilyen súlyú testeknél. Az általa tanulmányozott inga mozgását is a súlyerő biztosítja.

Johannes Kepler a róla elnevezett törvényeit (I. II. 1609, III. 1615) Tycho Brache csillagász mérései alapján állította fel. A bolygókat a Nap gravitációs ereje tartja meg a pályájukon.

Evangelista Torricelli (1643. higanyos barométer), *Blaise Pascal* (1647. légnyomás függése a magasságtól) és *Otto von Guericke* (1654. a légnyomás igazolása) a légnyomás létét igazolták, amely szintén a Föld vonzerejének a következménye.

Christian Huygens (1629–1695) elkészített az első ingaórát (1657) és kidolgozta az ingamozgás törvényeit (1673). Az ingaóra működését a gravitációs helyzeti energia biztosítja.

Isaac Newton (1643–1727) korának kiemelkedő matematikusa, természettudósa. A fizika számos területén alkotott maradandót. Az *annus mirabilis* kifejezést az 1666-os évre használták, amikor Newton kidolgozta a gravitáció elméletét, valamint felfedezte a matematikai analízist és megalapozta a modern optikát. A Hold mozgását megfigyelve felállította a nevét viselő egyetemes tömegvonzás törvényét (1687), és bevezette a mező fogalmát, hogy megmagyarázhassa a távolhatást.

Henry Cavendish (1731–1810) a maga építette torziós ingával meghatározta a Föld átlagos sűrűségét (1798), és hozzásegített az egyetemes tömegvonzás állandójának a meghatározásához.

Jean Bernard Léon Foucault (1819–1868) kimutatta a Föld tengely körüli forgását a nevét viselő ingája lengési síkjának elfordulásával (1851).

Eötvös Loránd (1848–1919) torziós ingája (1891) – valójában a horizontális variométer – a mai napig fontos eszköz a geológiai kutatásokban.

Albert Einstein (1879–1955) felállította az általános relativitás elméletét (1915), ami a gravitáció pontosabb leírása. Az elméletből következménye volt a fekete lyukak feltételezése, amelyet nemrég sikerült beazonosítani. A fekete lyuk a téridő olyan tartománya, ahonnan az erős gravitáció miatt semmi, még a fény sem tud távozni.

2015-ben igazolták a gravitációs hullámok létezését, amit a fekete lyukak összeütközése vált ki.

2019. A fekete lyukról készített első „kép” bemutatása.

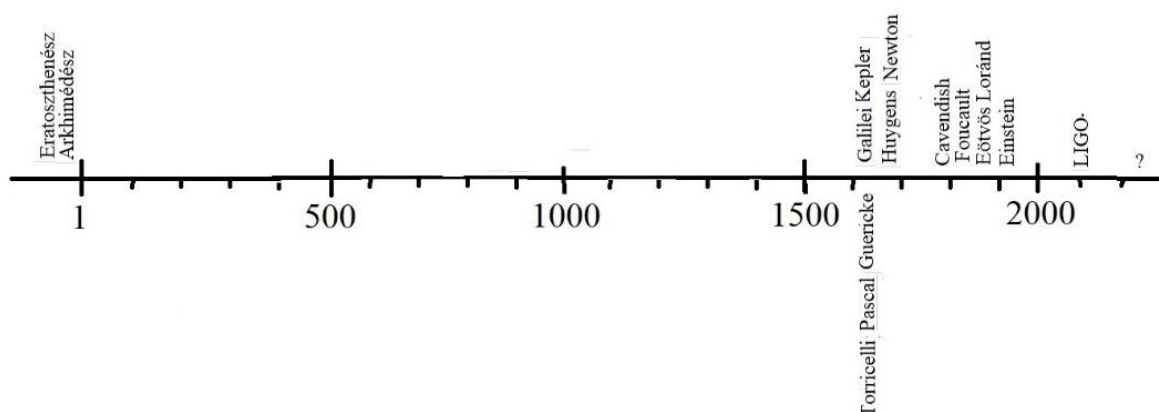
Ma 2025-öt írunk, de még várat magára az *Egységes Térelmélet* (Unified Field Theory) megalkotása. Ez egy olyan elméleti keretrendszer lenne a fizikában, amely a természet összes alapvető kölcsönhatást, az elektromágnesességet, a gyenge- és erős magerőket, valamint a gravitációt egyetlen tér vagy entitás különböző megnyilvánulásaiaként tudná leírni abból a célból, hogy ezeket az erőket egyetlen, következetes elméleti struktúrába egyesítse. (MI)

Természetesen, a fentiekhez képest további jelenségek is szóba jöhetnének, mint például a vízierőművek története, a víz körforgása a természetben, a láng és a gravitáció, vagy akár a felhajtóerő és a szabadesés, amelyek a gravitációval összefüggésbe hozható folyamatok, amiket kiegészítő információként a projektekbe be lehetne venni.

Összefoglalva a gravitációval kapcsolatos felfedezéseket, a következő kulcsszavakat lehet felsorolni, amelyek alapján a világhálón információk után lehetne kutatni: a Föld mérete, felhajtó erő, testek úszása, a léghajó, súly, gravitáció (tömegvonzás), Newton gravitációs törvénye, a gravitációs inga, a Föld átlagos sűrűsége, a gravitációs állandó, Einstein általános relativitáselmélete, a fekete lyukak, gravitációs lencse, gravitációs hullámok.

Év	Szerző(k)	Eredmény	Jelentőség
~240 i.e.	Eratoszthenész	Föld-kerület becslése	az első tudományos becslés
287-212	Arkhimédész	felhajtóerő	testek úszása
1589, 1592	Galilei	a szabadesés vizsgálata	inerciarendszer és szabadesés
1609, 1615	Kepler	Kepler-törvények	heliocentrikus elmélet
1643	Torricelli	higanyos barométer	légnyomás bizonyítása
1647	Pascal	légnyomás és magasság	
1654	Guericke	magdeburgi féltekék	
1657	Huygens	ingaóra, az ingamozgás	periodikus mozgás és tehetetlenség
1673		törvényei	
1687	Newton	egyetemes tömegvonzás	űrhajózás
1798	Cavendish	torziós inga	egyetemes tömegvonzási együttható
1851	Foucault	Foucault-inga	a Föld forgásának bizonyítása
1891	Eötvös Lóránd	torziós inga	geológia
1915	Einstein	általános relativitás elmélet	a fénysebesség állandósága, tömeg-energia egyenértékűsége, fekete lyukak, gravitációs lencse, -hullámok
2015	LIGO ¹ -kollaboráció	a gravitációs hullámok detektálása	Einstein jóslatának megerősítése 100 év után
2019	Katie Bouman	„kép” a fekete lyukról	első „vizualizáció”
2025	?	az egységes térelmélet UFT kidolgozása	még várat magára

Nem érdektelen a felfedezéseket időskálán is reprezentálni, a táblázatos összefoglalónál szemléletesebb ábrázolási mód. Látható, hogy az ókori görög természettudósok munkássága után milyen hosszú ideig nem történt érdemleges felfedezés a gravitáció kérdésében. Ennek alapján kultúrtörténeti vitát lehet rendezni.



1. ábra. A gravitációval kapcsolatos felfedezők idővonal mentén elhelyezve

¹ LIGO – Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory

3. A felfedezések láncolatának alkalmazása a projektmódszeres oktatásban

Az természettudományok iskolai oktatása a régi hagyományok alapján a tudományok oktatásának egyetemi modelljét követi. Nézetünk szerint eredményesebb lenne a tanulók fizika iránti érdeklődése és tanulása szempontjából, ha a projektmódszerrel vagy más aktív módszerrel oktatnák a fizikát. Ennek érdekében tanulók kisebb csoportjainak projektfeladatként lehetne adni, hogy állítsák össze egy-egy fizikai jelenség felfedezésének, alkalmazásának az időrendi láncolatát. Ilyen témák lehetnének még a következők is: egyszerű gépek, hőerőgépek, elektromosság, elektronika, optikai képalkotás, fényforrások, atomok, a fény, a relativitás, a természet szabadalmai stb. Mivel a tanulók maguk válogatnák meg a projekt témáját, készítenék el és mutatnák be a projektet, alaposan megismerhetik magát a jelenséget, annak az alkalmazásait, ezen felül még egy-egy felfedezés emberi vonatkozásait is. Sokkal hasznosabb és maradandóbb ismeretekre tudnának ilyenformán szert tenni azáltal, hogy a témát saját maguk dolgozták ki, és affektív elemek is társulhatnak a munkájukhoz. Ma már nagy mértékben segítheti a kutatásukat a mesterséges intelligencia (MI) használata is.

Köszönetnyilvánítás

Megragadom az alkalmat, hogy köszönetet mondjak – a teljesség igénye nélkül – néhány olyan volt kollégámnak, pályatársamnak, akik bátorítottak, az évek során mellettem álltak, segítettek a kutatásaimban: Darvay Béla, Bălibanu Flaviu Eugen, Gábos Zoltán, Puskás Ferenc, Neda Árpád, Neda Zoltán, Kása Zoltán, Molnár Miklós, Halász Tibor, Bárdossy Ildikó, Rajkovits Zsuzsa, Surducu Emanuel.

Irodalmi hivatkozások

- [1] Gábos Zoltán: A Ferenc József Tudományegyetem természettudósai. *Természet Világa*. 1998.3.112-116
<https://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/olvaso/histchem/legenda/egyetem/gabos.html>
- [2] Kovács Zoltán: Régmúlt idők kísérleteiből. *Firka* 1991.1.
<https://emt.ro/sites/default/files/archivum/2017-12/firka1-1991-1992.pdf>
- [3] Simonyi Károly: *A fizika kultúrtörténete*.
<https://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/olvaso/histchem/index.html#elke>

MI – mesterséges intelligencia