

Szegedi Tudományegyetem  
Természettudományi és Informatikai Kar  
Kísérleti Fizikai Tanszék

## SZAKDOLGOZAT

Csillagászati és űrkutatási ismeretek alkalmazása  
a középiskolai fizika oktatásában

Készítette: Árokszállási Laura  
Fizikatanár MSc levelező szakos hallgató

Témavezető: Dr. Szatmáry Károly  
egyetemi docens

Szeged

2014

## Tartalomjegyzék

<b>TARTALOMJEGYZÉK .....</b>	<b>2</b>
<b>TARTALMI ÖSSZEFOGLALÓ .....</b>	<b>3</b>
<b>BEVEZETÉS .....</b>	<b>4</b>
<b>I. KINEMATIKA .....</b>	<b>6</b>
1.1 TANKÖNYV (1) BEMUTATÁSA .....	6
1.2 TANKÖNYV (2) BEMUTATÁSA .....	7
1.3 KINEMATIKA.....	9
1.3.1 <i>Mechanikai mozgás-vonatkoztatási rendszer</i> .....	9
1.3.3 <i>Az egyenletes körmozgás kinematikai leírása</i> .....	15
1.3.4 <i>A bolygók mozgása, Kepler-törvények</i> .....	19
<b>II. DINAMIKA .....</b>	<b>24</b>
2.1 TANKÖNYV (1) BEMUTATÁSA .....	24
2.2 TANKÖNYV (2) BEMUTATÁSA .....	25
2.3 DINAMIKA .....	26
2.3.1 <i>Newton I. törvénye</i> .....	26
2.3.2 <i>Inercia rendszer</i> .....	28
2.3.3 <i>Newton II. törvénye</i> .....	29
2.3.5 <i>Perdületmegmaradás törvénye</i> .....	30
2.3.6 <i>Egyenletes körmozgás dinamikai leírása</i> .....	31
2.3.7 <i>A Newton-féle gravitációs (tömegvonzási) törvény</i> .....	32
2.3.8 <i>A gravitációs mező</i> .....	34
<b>III. TANULÓI KOMPETENCIÁK.....</b>	<b>37</b>
3.1. NAT 2013 TANULÓI KOMPETENCIÁK.....	37
3.2. ÖSSZEFOGLALÓ, A SZAKDOLGOZATOM ÁLTAL NYÚJTOTT TANULÓI KOMPETENCIÁK FEJLESZTÉSÉRE .....	37
<b>KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....</b>	<b>38</b>
<b>IRODALOMJEGYZÉK .....</b>	<b>39</b>
<b>NYILATKOZAT .....</b>	<b>42</b>

## **Tartalmi összefoglaló**

Szakedolgozatom célja a csillagászati és űrkutatási eredmények felhasználása a diákok természettudományi érdeklődésének motiválásának céljából. A napjainkban használt középiskolai tankönyvek tartalmazznak ugyan némely témakörnél csillagászati és űrkutatási elemeket, de ezek száma sajnos igen kevés.

Szakedolgozatom két téma köré fókuszál: a kinematika és a dinamika. E fogalmak és törvényszerűségek megismeréséhez csillagászati és űrkutatási eredményeket használok fel. Kutatómunkám során arra voltam kíváncsi, hogy hol jelennek meg csillagászati és űrkutatási elemek, különböző kiadótól származó, 9. osztályosoknak szóló tankönyvekben. Ezeket figyelembe véve, olyan csillagászati és űrkutatási elemek és eredmények után kutattam, amelyek nem szerepelnek a tankönyvekben.

Dolgozatom végén vázoló a különböző tanulói kompetenciák fejlesztésének, valamint a választott témakör a tanulóakra gyakorolt motivációs lehetőségeit.

## Bevezetés

*„A természet hatalmas, az ember parányi. Ezért aztán az ember léte attól függ, milyen kapcsolatot tud teremteni a természettel, mennyire érti meg, és hogyan használja fel erőit saját hasznára.” (Szent-Györgyi Albert)*

A tudomány fejlődésének sebessége „túlszárnyalja” a fénysebességet. Ezt a tempót nem vagyunk képesek követni, még akkor sem, ha neki szenteltük életünket. Egyes tudományágak annyira specializálódtak, hogy csak szakértők számára érthetőek és hozzáférhetőek.

A társadalombeli igények megváltoztak. Ma már szinte minimális képzettség is elegendő, még működési elveket sem kell elsajátítani ahhoz, hogy az ember használja a technika legújabb vívmányait, hiszen az ismeretek hiányát modern használói felületekkel helyettesítik. Ezzel párhuzamosan a tanulók érdeklődése, motiváltsága csökken, ami azt mutatja, hogy a természettudományok oktatása válságban van. A PISA felmérések korábbi eredményei alapján a magyar diákok természettudományos ismerete átlagos volt, azonban a 2012-es statisztikai adatok alapján már ezen a területen is alacsonyabb eredmények születtek az OECD-átlagnál. A PISA felmérés eredménye nem kizárólag a tudást tükrözi, arra is rávilágít, hogy hazánkban a tanulók eredményeit a szociális és kulturális, valamint gazdasági háttér intenzívebben befolyásolja, mint más országokban (Oktatási Hivatal, 2012). A valamikori természettudományos oktatás, amely fogalmak átadásából, műveletek elsajátításából állt, ma már nem hozza meg a kívánt eredményt, hogy alkalmazni tudják a tanultakat.

*„Olyan lesz a holnap jövője, mint a ma iskolája.” (Szent-Györgyi Albert).*

Számos módszertannal foglalkozó szakember szembesül ezzel a problémával. A természettudományok oktatásával az ún. „Science Education” foglalkozik, ami egy új kutatási diszciplína, új kutatási terület. Komplex módszerek kidolgozásával próbálkozik, amelyek a szakismereten keresztül fejlesztik a készséget, képességet, világszemléletet és a személyiséget. A fizikatanítás problémája globális jellegű, világszerte jelen van. Több tudományos kutatási projekt tanulmányozza és keresi a megoldás „kulcsát”. Carl Wieman,

Nobel-díjas fizikus kutatásai elsősorban a tanítási módszertan fejlesztésére irányulnak. Egy amerikai fizikai szaklap, az American Journal of Physics külön melléklettel rendelkezik: Physics Education Research, amely a fizikatanítás módszertanát kutatja. Hazánkban a Fizikai Szemle (Eötvös Loránd Fizikai Társulat), és A fizika tanítása (Mozaik Kiadó) című módszertani folyóiratokban számos olyan cikket lehet találni, amelyek némi gyógyírt nyújtanak a fizikatanítás orvoslására. Ezen kívül számos próbálkozás tapasztalható, amely a leendő fizikatanárok képzésének változtatása felé irányul. A budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetem Fizika Doktori Iskolája konferenciákat szervez, amelyek célzottan az oktatás korszerűbb és vonzóbb módszerei felé irányulnak. A csillagászat, mint tudomány, nélkülözhetetlen a fizika szaktárgy oktatásában. Az a fizika, amely a földi jelenségek magyarázatául szolgál – köszönve Galileinek, Keplernek, és még másoknak is, de legfőképpen Newtonnak – az égi jelenségekre is vonatkozik. A csillagászati kutatások egyik célja a világmindenségben lévő jelenségek kiterjedt megértésére való törekvés. Másik célja, a tudományos adatok szolgáltatása, amely az emberi lét előrehaladásának alapköve. Az ember kíváncsi és mindig érdeklődést váltott ki belőle az ismeretlen, a megfoghatatlan, az, amellyel nincs személyes kontaktusa. Az Univerzum a napról-napra bővülő ismeretek mellett is egy rejtélyekkel teli, csodás világ. A fiatalokat érdekli a világegyetem megmagyarázható és még nem magyarázott jelenségei. Az osztályterekben csönd honol és érdeklődő szemek csillogása tapasztalható, ha csillagászati és űrkutatási eredmények kerülnek elemzésre. Ilyenkor még az alulmotivált diákok is „életre kelnek”. Sajnos a csillagászat nem különálló tantárgy az alapfokú oktatásban egyik korosztály számára sem. A természetismeret, a földrajz, a kémia és a fizika tantárgyakon keresztül nyerhetnek némi betekintést a tanulók a természettudományok ismereteibe. Mint tanár, az a célom, hogy a fizika szaktantárgyat megszerettessem, s hogy a diákok észrevegyék, a fizika a mindennapok része: megfelelő alapismeretekkel, logikus gondolkodással az élet minden területén felhasználható. E gondolatmenet vezérelt, amikor szakdolgozati témámat választottam, hiszen a csillagászat és az űrkutatás, mint egy termőtalaj kínálja a lehetőségeket céljaim elérésére. Természetesen az univerzummal kapcsolatos ismeretek mellett, a hétköznapi életből is szükségszerű példákat felsorolni és megmagyarázni. A kettő együttese véleményem szerint a tanulók többségében maradandó és a későbbiekben felhasználható tudást nyújt.

# I. Kinematika

## 1.1 Tankönyv (1) bemutatása

Csajági Sándor – Dr. Fülöp Ferenc: Fizika 9. a középiskolák számára; Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó, Budapest

I. rész: Kinematika – mozgástan

Ez a tankönyv a TKV/4721-5/2013 engedélyszámon 2013. 05. 02-től tankönyvi engedélyt kapott. Már az előszó is felkelti az érdeklődést, hiszen galaxisunk keletkezését vázolja néhány mondatban. A tankönyv szép színes képekkel illusztrált, melyek között sok a csillagászattal és az űrkutatással kapcsolatos fotó. A könyvben található témakörök közül az alábbiak kapcsolódnak szakdolgozati témámhoz.

[KINEMATIKA – MOZGÁSTAN]

[2. lecke: A mechanikai mozgás]

*Mechanikai mozgás, vonatkoztatási rendszer*

Ebben a témakörben kitüntetett helyet kap a mechanikai mozgás magyarázata, a vonatkoztatási rendszer jellemzése, valamint, a Földön kívüli és a Földhöz kötött vonatkoztatási rendszer jellemzőinek bemutatása.

*A mechanikai mozgás térbeli jellemzői: pálya, megtett út és az elmozdulás*

Az anyagi pont és a kiterjedt testek közötti különbségnél, a Föld mozgása a Nap körüli pályán magyarázat szerepel, valamint rövid információ a mai viszonylatban legpontosabb helymeghatározási módszerről, a GPS –rendszerrel.

E témakörrel kapcsolatban rövid olvasmány szemlélteti a radar szerepét, többek között Bay Zoltán eredményét a Hold távolságának meghatározásában.

[7. lecke: Szabadesés]

David Scott ejtési kísérlete a Holdon és egy olvasmány: Visszatérés az űrből, azaz Felix Baumgartner híres 2012. október 14-i ugrása. Ebben a fejezetben olvashatunk Arisztotelész és Galileo Galilei munkásságáról, melyek segítségével a tanulók a csillagászat történelmi fejlődéséből kapnak egy kis ízelítőt.

[9. lecke: Az egyenletes körmozgás kinematikai leírása]

Példaként említi, az egyenletes körmozgásra a Hold és a műholdak keringését a Föld körül. Egy számítási feladat a gyakorlati felhasználásra utal. A feladat így szól: „*A Föld 150 millió km sugarú körpályán 365,25 nap alatt járja körül a Napot. Mekkora a Föld középpontjának a sebessége?*” (Tankönyv, 52. oldal)

[10. lecke: Centripetális gyorsulás]

„*A Nemzetközi Űrállomás (ISS, International Space Station) alacsony Föld körüli pályán kering, mindössze 360 km magasságban. Legénységével a fedélzeten 92 percenként kerüli meg a Földet. Ha az űrállomás összeszerelése vagy javítása miatt az asztronauták a világűrben űrsétára indulnak, akkor – a Nemzetközi Űrállomással együtt – továbbra is körpályán mozognak a Föld körül az űrhajósok?*” (Tankönyv, 53. oldal) Ezzel a mondattal kezdik a szerzők ezt a fejezetet, majd a továbbiakban a számítási feladatok is a Hold és a mesterséges holdak Föld körüli körpályán való keringését ismertetik.

[11. Lecke: A bolygók mozgása, Kepler – törvények]

Ez a fejezet a csillagászati ismeretekhez kötődik. Csillagásztörténeti áttekintés, bolygók adatainak meghatározása, olvasmányok filozófusok megfigyeléseiről, Kopernikusz és Kepler életéről. Kepler három törvényének rövid magyarázata és általánosítása. Számítási feladatok is találhatóak benne, amelyek a törvényeket gyakoroltatják.

## **1.2 Tankönyv (2) bemutatása**

Dr. Halász Tibor: Fizika 9. természetről tizenéveseknek; Mozaik Tankönyvkiadó – Szeged, 2013 – első kiadás

I. rész – A testek mozgása

Ennek a tankönyvnek lényeges pozitívuma, hogy minden tanuló a tankönyv hátulján lévő kóddal regisztrálhat az interneten, amely segítségével az egyes tananyagokhoz tartozó kisfilmek és 3D animációk megtekinthetők.

## [A TESTEK MOZGÁSA]

### [1. Emlékeztető]

Emlékeztet a mozgás viszonylagosságára, például arra, hogy a csillagos ég a Földhöz viszonyítva elfordul. Tanárok és diákok számára egyaránt elérhető és az osztályteremben levetíthető kisfilmmel is szolgál, melynek címe: Mozgásban az éjszaka (2 perc 59 másodperc)

### [2. Egyenes vonalú egyenletes mozgás]

A testek mozgásával kapcsolatban ez a tankönyv is megemlíti Bay Zoltán munkásságát a feladatoknál.

### [3. A változó mozgás]

#### [3.3 A szabadon eső test mozgása]

E témakörhöz kapcsolódó kisfilm (3 perc és 50 másodperc), amely címe: Ejtési kísérletek. Továbbá tartalmaz videó felvételt David Scott Holdon végzett kísérletéről is.

#### [3.4 Az egyenletes körmozgás]

A Föld forgása a tengelye körül, amelyhez az internetes könyv tartalmaz 3D animációt az időméréssel kapcsolatban. A feladatoknál található a következő két példa:

1. *„Egy mesterséges űrállomás közel kör alakú pályájának 6600 km a sugara, egy teljes körpályát 1,5 óra alatt jár végig egyenletesnek tekinthető mozgással. Hol van a pálya középpontja? Mennyi a kerületi sebességvektorának, illetve gyorsulásvektorának a nagysága és milyen az iránya?”*

2. *„A Hold közepes távolsága a Földtől 384 400 km, átmérője 3476 km, (sziderikus) keringési ideje 27,32 nap, és ezzel pontosan egyenlő a tengelyforgás ideje is. Mennyi a Hold Föld körüli forgásának fordulatszám, átlagos kerületi sebessége és centripetális gyorsulása? Mennyi a Hold saját tengelye körüli forgásának fordulatszám, legkülső pontjainak kerületi sebessége és centripetális gyorsulása?”*(Tankönyv, 40. oldal)

#### [3.5 A körmozgás és a forgómozgás szögjellemzői]

A feladatoknál van egy számítási, valamint egy figyelemfelkeltő feladat. A feladatok érdekessége, hogy szimulációs és animációs felvételeket kell keresni az interneten. Segítségképpen a szerző megadta a következő kulcsszavakat: Földkelte a Holdon.



#### [4. Bolygók mozgása]

Ahogy az előző, úgy ennek a tankönyvnek a szerzője is ízelítőt nyújt az ókor filozófusainak megfigyeléseiről a bolygók mozgásaival kapcsolatban. Milyen megfigyelési előzmények vezettek Ptolemaiosztól a Kepler-törvényekig? E törvények után, melyek az égi mechanika alappillérei, hogyan magyarázta Newton: miért is mozognak a bolygók? Számos fantasztikus 3D animáció szemlélteti mindezt. Rámutat gyakorlati jelentőségére e törvényeknek és néhány sorban szól a mesterséges holdak, bolygók és űrszondák közötti különbségekről és fontos szerepükről. Gondolkodtató kérdések és számítási feladatok teszik még színesebbé csillagászati és űrkutatási vonatkoztatását ennek a fejezetnek.

### **1.3 Kinematika**

#### ***1.3.1 Mechanikai mozgás-vonatkoztatási rendszer***

A vonatkoztatási rendszer fogalmával a tanulók elfogadják azt a tényt, hogy a mozgás viszonylagos, tehát a testek mozgásának tanulmányozása csak akkor lehetséges, ha egy másik test helyzetéhez képest szemléljük. A testeknek minden térbeli és időbeli változását a test mozgásának tekintjük. Egy test mozgásának térbeli és időbeli pontosabb meghatározására koordináta rendszert alkalmazunk. A matematikában is használt Descartes-féle derékszögű koordináta rendszert, amely lehet térbeli és síkbeli, valamint gömbi koordináta rendszert, amelyről a tanulók földrajz órán szerezhettek ismereteket. Fontos, hogy kiválasszunk egy testet, melyhez viszonyítani illetve vizsgálni tudjuk a kívánt objektumot, szem előtt tartva azt a célszerűséget, amely számunkra a lehető legegyszerűbb vizsgálati lehetőséget nyújtja. A referencia testet a kiválasztott koordinátarendszer origójába helyezzük. A vizsgált test koordinátáit leolvassva a referencia testhez viszonyítva már nem csak a mozgást tudjuk meghatározni, hanem távolságot is tudunk vizsgálni, azaz a vizsgált test pontjainak távolságát a vonatkoztatási testtől. Vonatkoztatási rendszer szemléltetésére alkalmas a tanterem is, benne egy tárgy vagy akár egy tanuló, mint vonatkoztatási test – fizikaórákon ezt alkalmazzák leggyakrabban a tanárok. A vonatkoztatási rendszer szerepének tágabb értelemben vett ismertetése a diákokkal érdekesebbé teheti a fizika órát.

A leggyakrabban alkalmazott vonatkoztatási rendszer a Föld felszínéhez kötött. Egy ilyen vonatkoztatási rendszer eredményeként született meg az idő mérése. A Nap delelése nem egy időben következik be a Föld minden pontján. Ezért a Földet időzónákra osztották.

Az ilyen fajta felosztás lehetővé teszi az emberek számára, hogy amikor a Nap delel, akkor az órájuk megközelítőleg 12 órát mutasson, bármely pontján is vannak a Földnek.

A vonatkoztatási rendszer szerepe a csillagászok számára is igen jelentős. A bolygók mozgásának meghatározásával számos érdekes égi jelenség előrejelzésére nyílik lehetőség, mint például: a holdfogyatkozás és napfogyatkozás, az üstökösök átvonulása. Az égitestek koordinátájának mérése leginkább a Föld felszínéről történik.

Ismertessük meg a tanulókkal a szférikus csillagászat néhány elemét.

**Kérdés:** Mivel foglalkozik a szférikus csillagászat?

**Válasz:** A szférikus vagy gömbi csillagászat a csillagászati objektumok éggömbön való elhelyezkedésével és mozgásával foglalkozik.

**Kérdés:** Tudjátok-e, milyen koordináta rendszert alkalmaznak a csillagászatban?

**Válasz:** A csillagászatban topocentrikus koordináta rendszert használnak. A koordináta rendszer, azaz az éggömb középpontja a megfigyelőnél van.

A következő ábrák (1, 2) segítségével tanulmányozzuk az éggömb nevezetes pontjait. A tanulók csoportokat alkotva végezzék feladataikat. Minden csoport más-más feladatot kap, majd az erre a célra szánt idő lejártával az egyes csoportok bemutatják, hogyan oldották meg a rájuk bízott feladatot.

**Feladat:**

*1. csoport*

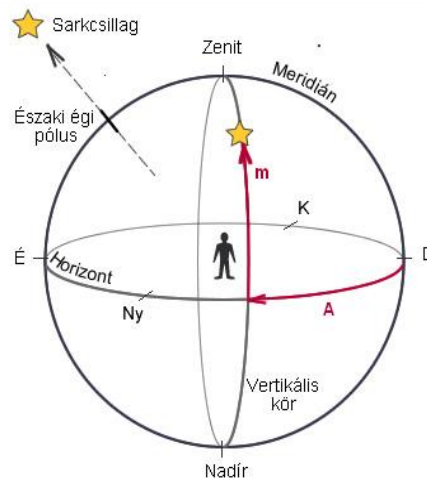
Az 1. ábra segítségével, önálló feladatként fogalmazzák meg, előzetes tudásuk alapján a következő fogalmakat: éggömb, zenit, nadír, meridián, horizont, égi egyenlítő, ekliptika.

*2. csoport*

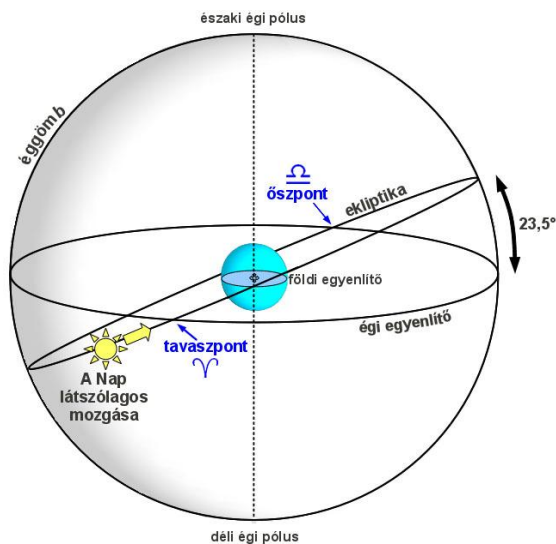
Hogyan tájékozódhatunk az éjszakai és a nappali éggömbön?

*3. csoport*

Mi mentén megy körbe egy év alatt a Nap az éggömbön? Használjátok a 2. ábrát.



1. ábra: A horizontális koordináta rendszer<sup>1</sup>



2. ábra: A tavaszpont az égi egyenlítő és az ekliptika éggömbi metszéspontja, ahol a Nap tavaszi napéjgyenlőségkor délről észak felé lépi át az égi egyenlítőt (Gyenezse)<sup>2</sup>.

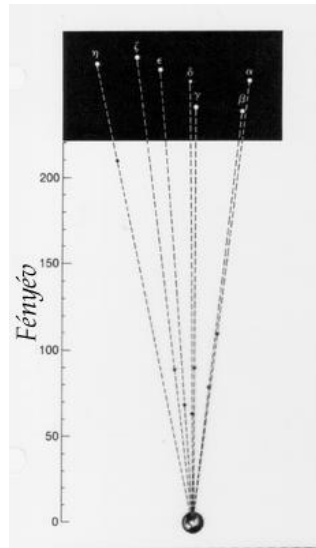
A csoportmunka után, a következő animáció segítségével a diákok láthatják, hogyan változik az égbolt mintázata, ha a Föld különböző helyén tartózkodnak. Az animációt a következő címen lehet elérni:

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/celhorcomp.html> az ötlet pedig a <http://astro.u-szeged.hu/oktatas/csillagaszat/> címről származik.

<sup>1</sup> 1. ábra: <[http://www.konkoly.hu/~kovari/CSILLAGASZAT/tananyag/CSILLAGASZAT/04\\_01.html](http://www.konkoly.hu/~kovari/CSILLAGASZAT/tananyag/CSILLAGASZAT/04_01.html)> [2014. 04. 10.]

<sup>2</sup> 2. ábra: <<http://tamop412a.ttk.pte.hu/files/foldrajz6/docbook/www/ch14.html>> [2014. 04. 10.]

„Egy-egy csillagkép csillagai tőlünk eltérő távolságban helyezkednek el. Azonban szemünkkel a távolságot nem érzékeljük, ezért minden csillagot látszólag ugyanolyan messze, az éggömbre vetülve látunk - innen származik a gömb alakú ég ókortól a kora újkorig uralkodó elképzelése. A Göncölszekérre rá sem ismernénk, ha csillagait térben, valódi helyzetükben láthatnánk.” (3. ábra). (Szatmáry, Székely, Szalai, Szabó 2011)



3. ábra: A Nagy Medve része, a Göncölszekér csillagai tőlünk különböző távolságra vannak.<sup>3</sup>

Minden gyerek szemlélte már az éjszakai égboltot, a Göncölszekér csillagai nem ismeretlenek számukra.

#### Feladatok:

- (1) Figyeljék meg az éjszakai égbolton a Göncölszekér csillagait és írják le tapasztalataikat!
- (2) Figyeljék meg az éjszakai égbolton a Holdat teliholdkor és a nappali égbolton a Napot deleléskor. Melyik látszik nagyobbak?

A diákok megfigyeléseit közösen beszéljük meg. Adjunk magyarázatot az észleltekre, mint például: a két égitest, a Nap és a Hold korongjának nagysága látszólag a

---

<sup>3</sup> 3. ábra:  
[http://astro.u-szeged.hu/oktatas/csillagaszat/2\\_Szferikus\\_csillagaszat/szferikus\\_csillagaszat.htm#id2811410](http://astro.u-szeged.hu/oktatas/csillagaszat/2_Szferikus_csillagaszat/szferikus_csillagaszat.htm#id2811410)  
 [2014. 04. 10.]

Földről szemlélve csaknem egyformának tűnik. Igaz, hogy a Nap átmérője 400-szor nagyobb, mint a Holdé, de a Hold ugyanakkor 400-szor közelebb van, mint a Nap.

Mindenki látott már Hold felkeltét, a sötét égbolton egy szürkésfehér fénylő korong. De legyen most a vonatkoztatási rendszer Holdhoz rögzített. Hogyan látjuk a Földet a Holdról?

Mutassuk meg a tanulóknak az erről készült fényképet. A NASA Apollo 8 expedíciójának 1968. december 24-én készített csodálatos felvételén látható kék-fehér félgömb a Föld. Természetesen ez a jelenség hasonlít a Hold keltéhez, de azért mondjuk el azt is a tanulóknak, hogy a Föld kelte nem lehet, hiszen a Holdnak kötött keringése van. Bolygónk valójában egy helyben áll a Hold egén, az űrhajó keringett a Hold körül.



4. ábra: A Föld a Hold egén.<sup>4</sup>

---

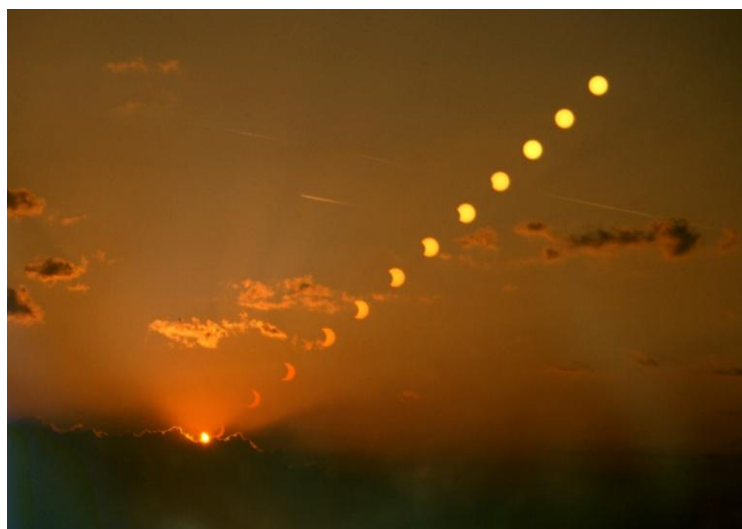
<sup>4</sup> 4. ábra: <[http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2009/17jul\\_discoveringeearth/](http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2009/17jul_discoveringeearth/)>  
[2014. 04. 10.]

A Hold felkeltéről számos látványos kép készült, ezeket is megmutathatjuk.



5. ábra: Hold felkelte Seattle környékén (Shay Sthepens fényképe).<sup>5</sup>

A részleges napfogyatkozásról is számos fénykép található az interneten, mely színesebbé varázsolja a fizika órát.



6. ábra: Részleges napfogyatkozás. 2003. május 31. (Dr. Zseli József sorozatfelvétele)<sup>6</sup>

Ezen kívül sok jó animáció található a következő linken:

<https://sites.google.com/site/havassyandras/termeszetoeldrajz/csillagaszat/animaciok>

Természetesen az aktuális tananyaghoz illőt mutatjuk be egy-egy óra adott részében, nem sok időt vesz igénybe, viszont a diákokban tartós tudást és érdeklődést vált ki.

---

<sup>5</sup> 5. ábra: <<http://apod.nasa.gov/apod/ap020130.html>> [2014. 04. 10.]

<sup>6</sup> 6. ábra: <<http://www.mcse.hu/az-uj-naprendszer-virtualis-kiallitas/>> [2014. 04. 10.]

*Érdekesség:* Amennyire fontosnak tartom a tanulókkal való megismertetését, hogyan is jutottak el régi korok filozófusainak elméletein keresztül, a fizika mai ismereteihez, ugyanúgy lényegesek az aktuális új eredmények és jövőbeli tervek.

2013. 12. 19. az Európai Űrügynökség (ESA) sikeresen pályára állította az ún. Gaia űrszondát, amely pontos pozíciómérések segítségével egy milliárd csillag térbeli helyzetét és mozgását határozza majd meg a Tejútrendszerben. Az űrszonda 1,5 millió km-re található a Földtől. A Lagrange-2 pontban helyezkedik el, amely azért jelentős, mert ebben a pontban úgy a Földhöz képest, mint a Naphoz képest nyugalomban van. A Gaia méréseit optikai távcsövekkel végzi. Felvételeit egymilliárd pixeles CCD kamerával készíti (eddig ez a legnagyobb felbontású kamera az űrben). Nagy remények fűződnek az űrszonda által szolgáltatandó eredményekhez (Frey, 2013).



7. ábra: A Gaia indítása (2013. december 19.)<sup>7</sup>

### ***1.3.3 Az egyenletes körmozgás kinematikai leírása***

A tankönyvek többsége a körmozgás fogalmainak és leírásának a magyarázatában a tanulókkal megismerteti a fogalmakat, elmagyarázza, hogy az egyenletes körmozgás miért is egyenletes, valamint azt is, hogy kétféle sebességről beszélhetünk. Ismeretes, hogy a kerületi sebesség a körpályán haladó test által egységnyi idő alatt befutott körív és az eltelt idő hányadosa. A szögsebesség pedig az anyagi pont által történő szögelfordulás és az idő hányadosa. Ha ugyanakkora ívet mozdul el, illetve szöget fordul el a test, ugyanannyi idő alatt, akkor a mozgás egyenletesnek tekinthető. Az egyenletes körmozgás leírását sokkal szemléletesebbé és érthetőbbé lehet tenni a csillagok látszólagos mozgásáról készült

---

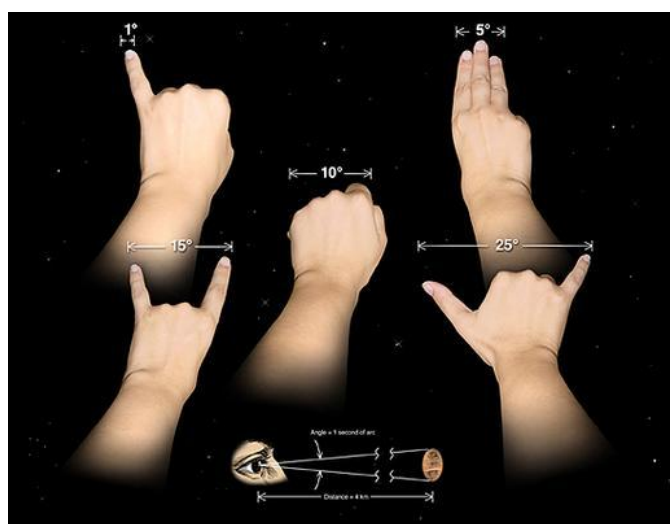
<sup>7</sup> 7. ábra: <<http://sci.esa.int/gaia/53539-gaia-liftoff/>> [2014. 04. 10.]

fényképpel, amelyet akár a tanulók is készíthetnek egy fizika szakköri foglalkozás keretein belül, de az interneten is elérhető számos ilyen kép (Teiermayer, 2012).



8. ábra: Látszólagos csillagmozgás a Paranal obszervatórium felett<sup>8</sup>

A képen végezhetünk méréseket, mégpedig úgy, hogy a vonatkoztatási test legyen a Sarkcsillag, és helyezzük az origóba. Ezután lemérjük az egyes ívekhez tartozó szögeket, mely eredménye rögtön láthatóvá teszi, hogy egyenletes mozgásról van szó. Miért van ennek jelentősége? A szférikus csillagászatban nem távolságokat mérünk, hanem szögeket, melyek segítségével leírhatóvá válik egy-egy égi objektum mozgása.



9. ábra: Szögtávolságok az égbolton<sup>9</sup>

<sup>8</sup> 8. ábra: <[www.eso.org/public/images/trailsouth-cc/](http://www.eso.org/public/images/trailsouth-cc/)> [2014. 04. 10.]

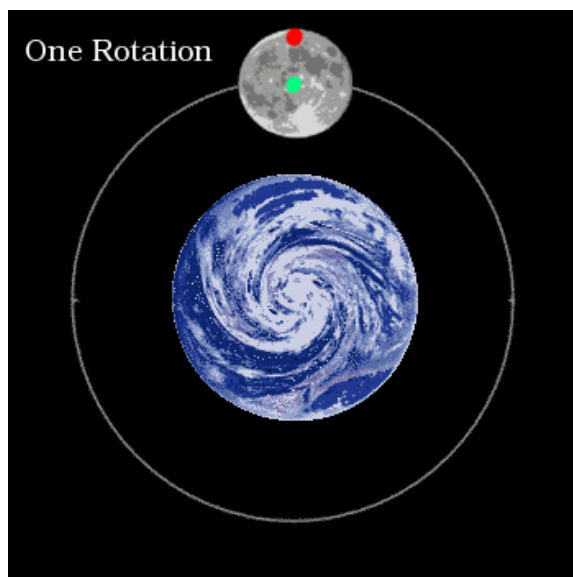
<sup>9</sup> 9. ábra: <[http://astro.u-szeged.hu/oktatas/csillagaszat/2\\_Szferikus\\_csillagaszat/szferikus\\_csillagaszat.htm](http://astro.u-szeged.hu/oktatas/csillagaszat/2_Szferikus_csillagaszat/szferikus_csillagaszat.htm)> [2010. 04. 10.]



Mutassuk meg a tanulóknak a 9. ábrát, amely egy lehetséges módja az égitestek két pontja közötti távolság meghatározásának. A lemért szögek segítségével meghatározható egy égi objektum látható mérete. „Ezeket a szögtávolságokat a kezünk segítségével is meg tudjuk becsülni, mert kb. 53 cm-ről minden cm 1 fok szögtávolságnak látszik. De akkor sem mondhatjuk, hogy a Hold az égen 0,5 cm kiterjedésű! Helyette úgy kell fogalmaznunk, hogy a Hold látszó mérete fél fokos, vagy a Göncölszekér hossza mintegy 15 fok.”

(Szatmáry, Székely, Szalai, Szabó 2011).

Az egyenletes körmozgással kapcsolatban a kerületi sebesség irányának változását pillanatról-pillanatra, a következő animáció segítségével szemléltethetjük.



10.ábra: A Hold Föld körüli keringése<sup>10</sup>

A Hold maximális pálya menti sebessége 1,06 km/s, a minimális 0,964 km/s (Szatmáry, <http://astro.u-szeged.hu/ismeret/holdadat.html>), tekintsük egy kis szabadsággal a sebességet egyenletesnek és a pályát kör alakúnak.

Az animáció segítséget nyújthat a sugárirányú, centripetális gyorsulás magyarázatánál is.

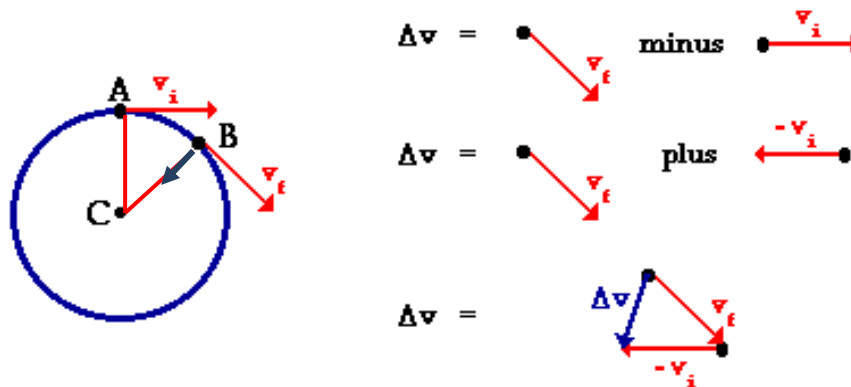
A következő kérdések segítségével elérhető, hogy a tanulóknak előzetes tudásuk és logikus gondolkodásuk segítségével saját maguk fogalmazzák meg e fizikai mennyiség definícióját.

<sup>10</sup> 10. ábra: <<http://cosmoquest.org/forum/showthread.php?84783-Moon-Rotation/page5>> [2010. 04. 10.]

**Kérdések:**

1. Milyen fizikai mennyiség a sebesség?
2. Mi a jellemzője a vektor mennyiségeknek?
3. Az egyenletes körmozgásnál mit mondhatunk el a sebesség nagyságáról?
4. Miért változik a sebesség iránya?
5. A sebesség irányának változása alapján, az egyenletes körmozgás milyen mozgás?
6. Az egyenletesen változó mozgásnak mi a főbb jellemzője?
7. Milyen irányú gyorsulás jöhet létre az egyenletes körmozgásnál?
8. Miért nem lehet ennél a mozgásnál a gyorsulásnak a kerületi sebességgel párhuzamos komponense?

A csoportmunka után, a következő 11. ábra segítségével pontosíthatjuk az ismereteket.



11. ábra: Az egyenletes körmozgás sebességnek vektoriális értelmezése<sup>11</sup>

Mint ahogy egyenletes sebességgel mozog a körív mentén „A” pontból „B”-be, a sebesség számértékileg mindig ugyanaz. Könnyen belátható viszont, hogy a sebesség vektor iránya változik. Legyen az „A” pontban  $v_i$  a sebesség, a „B” pontban  $v_f$ . A vektorok összeadási szabályát felhasználva belátható, hogy a sebesség változása  $\Delta v$  radiális, azaz sugárirányban befelé mutat a kör középpontja felé, ami annyit jelent, hogy esetünkben a Hold sugárirányban gyorsul, ha egyenletes sebességgel köríven halad. Ezt a gyorsulást nevezzük centripetális gyorsulásnak. Matematikailag következő formában írható fel:

$$a_{cp} = \frac{v^2}{r}$$

<sup>11</sup> 11. ábra: <<http://www.physicsclassroom.com/class/circles/Lesson-1/Acceleration>> [2014. 04. 10.]

Az egyenletes körmozgással kapcsolatos ismereteket, alkalmazzuk a következő számítási feladatokban:

**Feladatok:**

1. A Hold a Föld körül megközelítőleg körpályán kering, amely sugara 384 000 km, keringési ideje 27,3 nap. Határozd meg a Hold gyorsulását és szögsebességét mozgása során!

2. Egy geostacionárius pályán keringő műhold a Föld felszínétől 35630 km-re, körpályán kering a Föld körül. Határozd meg ennek a műholdnak a kerületi és szögsebességét, egy teljes periódus alatt megtett út hosszát, valamint a radiális irányú gyorsulását! (a Föld sugara 6370 km) (Čaluković, 2010)

#### ***1.3.4 A bolygók mozgása, Kepler-törvények***

Ez a témakör önmagában is érdekes része a fizika tantervnek, amelyet a diákok sokkal nagyobb odafigyeléssel hallgatnak a tanórákon. Azonban koránt sem jelenti azt, hogy az ezeken az órákon szerzett ismeretek könnyen értelmezhetők számukra. A tankönyvek foglalkoznak a bolygókról szóló elméletekkel az ókorban és azon elméletek jelentőségével. Felvázolják az „utat”, amely elvezetett Kepler ma is érvényes bolygómozgással kapcsolatos törvényeihez. Valamint bemutatnak számítási elméleteket: Arisztarkhosz – a Hold és a Nap méreteinek meghatározása, Eratoszthenész – a Föld kerületnek meghatározása. De menjünk csak vissza még egy röpke pillanatig az ókorba. Poszeidóniosz (i.e. 135-51) – az ő mérései is érdekesek lehetnek a tanulók számára, főleg, ha megtudják, hogy Poszeidóniosz téves adatainak köszönhetően fedezte fel Kolumbusz Amerikát (Sain, 1989).

Poszeidóniosz szír csillagász volt, aki Rhodosz szigetén élt és dolgozott. Méréseit nem a Naphoz viszonyította, hanem a Canopus csillaghoz. A Canopus csillag egy elsőrendű fényességű csillag, amely a déli félteke égboltján látható a Hajógerinc csillagkép részeként. Megfigyelései arra utaltak, hogy amikor a Canopus csillag Rhodoszban a horizont felett van, akkor Alexandriában  $7,5^0$ -kal a horizont felett. Hasonlóan gondolkodott, mint Eratoszthenész, csak más helyszínekkel. Úgy vélte, hogy Rhodosz és Alexandria ugyanazon a délkörön fekszik, s mivel  $7,5^0$  a  $360^0$ -nak a 48-ad része, akkor a két város közötti távolság is a délkör 48-ad része. A feltevés elvileg helyes volt, viszont nem vette figyelembe, hogy a látóhatár közelében a levegő fénytörése miatt a csillag nem

ott helyezkedik el, ahol látszik, valamint azt sem, hogy a két várost tenger választja el, melyek mind pontatlanná tették eredményeit. Így a Föld területére jóval kisebbek értéket kapott a valósánál. Ptolemaiosz közreműködésével ezek az eredmények kerültek 1492-ben Kolumbusz kezébe, ennek köszönhetően nyugatra indult Spanyolországból India felfedezésére.

Kepler, Tycho Brahe bolygómozgásokkal kapcsolatos megfigyelésinek jegyzeteit felhasználva jutott el a három csodálatosan egyszerű bolygómozgás törvényéhez. Kepler első törvénye, amely a bolygók mozgása során leírt pálya alakjára vonatkozik a következő módon lehetne érthetőbbé tenni. A bolygók által leírt pálya ellipszis alakú, amely egyik fókuszában illetve gyújtópontjában a Nap helyezkedik el.

**Kérdés:** Mit nevezünk ellipszisnek?

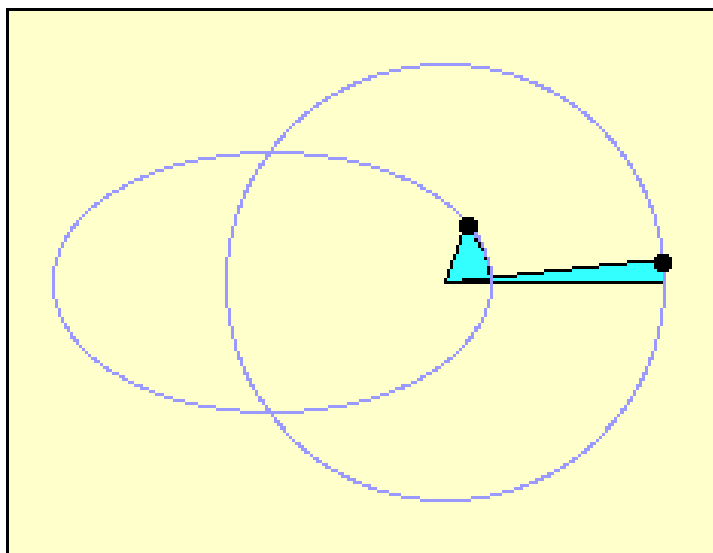
**Válasz:** „Az ellipszis egy belapított kör” (Feynman, Leighton, Sands 1970)

**Kérdés:** Hogyan bizonyították, hogy a bolygók pályája nem kör alakú?

**Válasz:** Tycho Brahe által összegyűjtött adatokból Kepler kiszámította az ellipszis nyújtottságának a fokát, azaz az excentricitást.

**Kérdés:** Ez mit is jelent?

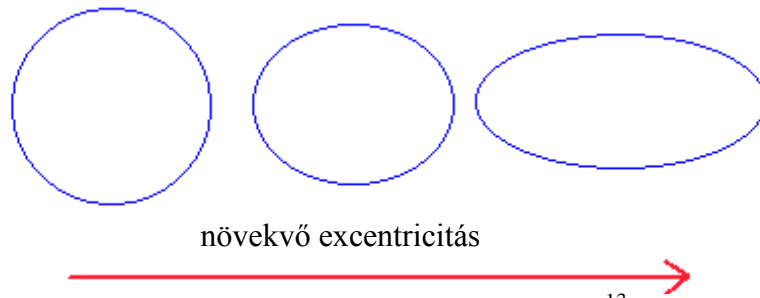
A következő animáció segítségével szemléltethetjük diákjainak egy bolygó pályájának eltérését a körpályától.



12. ábra: Az excentricitás magyarázatának animációja<sup>12</sup>

Valamint még egyszerűbben a következő ábra segítségével.

<sup>12</sup> 12. ábra: <<http://kepler.nasa.gov/Mission/JohannesKepler/#anchor784359>> [2014. 04. 10.]

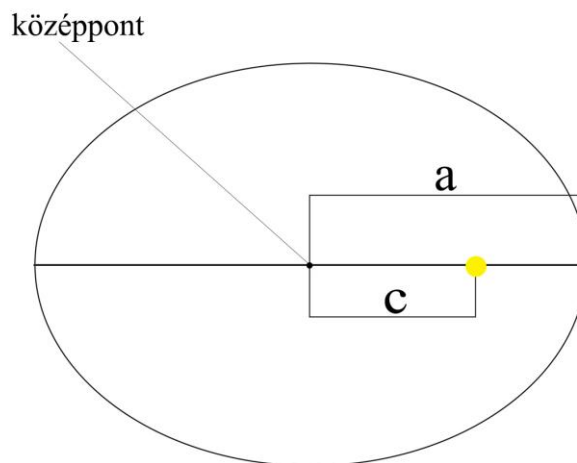


13. ábra: Az excentricitás változása<sup>13</sup>

**Kérdés:** Matematikailag hogyan írható le a fenti összefüggés?

**Válasz:** Az excentricitást a középpont és a fókuszpont közötti távolság ( $c$ ) és a fél nagytengely hosszának ( $a$ ) a hányadosaként:

$$e = \frac{c}{a}$$



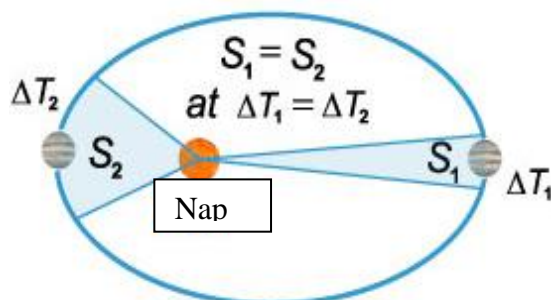
14. ábra: Kepler első törvénye

Mondjunk néhány számbeli értéket is bolygópályák excentricitására. Például: Föld - 0,0176, Mars - 0,0933, Vénusz - 0,0068.

Kepler első törvényének a következménye, hogy a bolygók és a Nap közötti távolság változó. Mivel a bolygók mozgásuk során a Naptól különböző távolságra helyezkednek el, keringési sebességük nem egyenletes. A Nap közelében gyorsabb, ha pedig távolabb vannak, akkor lassabb. Kepler második törvénye szerint: „*a vezérsugár (a bolygót és a*

<sup>13</sup> 13. ábra: <<http://csep10.phys.utk.edu/astr161/lect/history/kepler.html>> [2014. 04. 10.]

*Napot összekötő szakasz) az idővel arányos területeket sűrol, vagyis a felületi sebessége állandó.” (Marik, 1989)*



15. ábra: Kepler második törvénye<sup>14</sup>

Kepler harmadik törvénye: *„a bolygók Naptól való középtávolságának harmadik hatványa a keringési idő négyzetével osztva minden bolygóra ugyanaz az állandó érték”* (Marik, 1989)

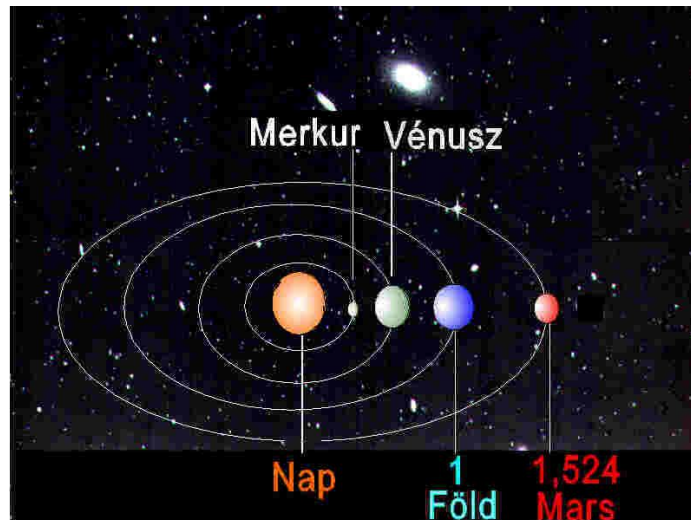
E törvény szerint bármelyik két bolygót hasonlítunk össze, keringési idejük négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint a Naptól mért középtávolságuk köbei. Kepler harmadik törvényének jelentősége, hogy tudta,  $a \sim T$  (a keringési idő arányos a pálya sugarával), de meg is határozta ennek az arányosságnak a viszonyát, amely a következő:  $a^{3/2} \sim T$  (a sugár  $3/2$  hatványával arányos a keringési idő). Szükségesnek tartom elmondani a tanulóknak, hogy az  $a^3/T^2$  arány egy tapasztalati úton kapott összefüggés, amely a Nap tömegéhez képest kicsiny tömegű égitestek mozgására alkalmazva adhat elfogadható, de nem pontos értékeket. Az égi mechanikában figyelembe veszik a bolygók átlagos szögsebességének kapcsolatát, az ún. redukált tömeggel. Ennek matematikai és elméleti összefüggéseit középiskolai szinten nehéz lenne megmagyarázni, mert sem matematikai, sem fizikai elméleti háttérrel nem rendelkeznek még a tanulók, amelyekre lehetne alapozni. Viszont a tanulók figyelmét felhívnom, hogy a csillagászatban a távolság egysége nem km, hanem az ún. csillagászati egység CSE.  $1\text{CSE} = 150 \cdot 10^6 \text{ km}$  azaz, a Föld Naptól mért távolsága.

A III. Kepler-törvény pontos alakja:

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{\gamma}{4\pi^2} (m + M),$$

ahol  $\gamma$  a gravitációs állandó,  $m$  a bolygó,  $M$  a Nap tömege.

<sup>14</sup> 15. ábra: <<http://www.math24.net/law-of-universal-gravitation.html>> [2014. 04. 10.]



16. ábra: A csillagászati egység<sup>15</sup>

Kepler törvényeivel kapcsolatban számítási feladatokat is adhatunk a diákoknak.

**Feladat:** A Hold 27,8 nap alatt kerüli meg a Földet, pályájának sugara  $3,8 \cdot 10^5$  km. Egy mesterséges hold ellipszis alakú pályán kering a Föld körül. A mesterséges hold Föld középpontjától mért legkisebb távolsága 6553 km, legnagyobb távolsága 6614 km. Határozd meg a mesterséges hold pályájának fél nagytengely hosszát, valamint keringési idejét.

**Megoldás:** A mesterséges hold Földtől mért legnagyobb és legkisebb távolságnak az összege határozza meg a mesterséges hold ellipszis pályájának nagytengely hosszát. Ebből következik, hogy annak fele adja meg a fél nagytengely hosszát.

$$r_{max} + r_{min} = 2a$$

$$a = \frac{1}{2} \cdot (r_{max} + r_{min}) = 6573,5 \text{ km}$$

Kepler III. törvényét alkalmazva a Hold keringésére és a mesterséges hold keringésére a Föld körül, a következőt írhatjuk fel:

$$\frac{T_H^2}{r^3} = \frac{T_{mH}^2}{a^3}$$

<sup>15</sup> 16. ábra: <<http://w3.hdsnet.hu/mars/2marsm.html>> [2014. 04. 10.]

$$T_{mH} = T_H \cdot \sqrt{\frac{a^3}{r^2}} = 0,063 \text{ nap} = 1,5 \text{ h}$$

**Válasz:** A mesterséges hold fél nagytengelyének hossza 6573,5 km. Keringési ideje a Föld körül 1,5 óra.

**Feladat:**

Határozd meg a Nap körüli keringési idejét:

a.) annak az űrszondának, amely pályájának fél nagytengelye  $24 \cdot 10^6$  km-el hosszabb a Föld fél nagytengelyének hosszától. A Föld fél nagytengelyének hossza  $1,5 \cdot 10^8$  km;

b.) a Neptunusznak, ha tudjuk, hogy a fél nagytengelyének hossza harmincszor hosszabb, mint a Földé (Čaluković, 2010).

## II. Dinamika

### 2.1 Tankönyv (1) bemutatása

Csajági Sándor – Dr. Fülöp Ferenc: Fizika 9. a középiskolák számára; Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó, Budapest, 2013 – első kiadás

II. rész: Dinamika – erőtan

[12. lecke: Newton I. törvénye]

Ennél a leckénél a szerzők említést tesznek, arról, hogy a földhöz rögzített vonatkoztatási rendszerek nem minden mozgás tanulmányozásakor tekinthetők inercia rendszereknek. Az űrhajók és bolygók mozgásának leírására olyan koordináta rendszert alkalmaznak, melynél a középpontban a Naprendszer középpontja van, a tengelyek pedig egy kiválasztott állócsillag felé mutatnak.

[13. lecke: Newton II. törvénye]

A test tömegének állandóságának rövid magyarázata, a testek tehetetlenségének következményeként Földön, Holdon, világűrben stb.



[15. lecke: Lendület, lendület megmaradás törvénye, lendülettétel]

Olvasmány: A rakétameghajtás elve.

[17. lecke: Nehézségi erő, súly és súlytalanság]

Fogalmak magyarázata űrkutatási példákon keresztül. Érdekes olvasmány is található ennél a leckénél, a gyertyaláng alakjáról súlytalansági állapotban.

[18. lecke: A rugóerő]

Kérdések és feladatoknál a 4. számú feladat: „*Egy rugóra akasztott test a Földön 36 cm-rel nyújtja meg a rugót. Mennyire nyújtaná meg a Holdon ugyanez a test a rugót?*” (Tankönyv, 99. oldal)

[22. lecke: A Newton–féle gravitációs (tömegvonzási) törvény]

Természetesen ennél a leckénél számos csillagászati és űrkutatási ismeret szerepel példaként. Feladatok a gravitációs törvény alkalmazására, mint pl. a Föld és a Nap tömegének meghatározása. Az árapály jelenségének magyarázata. Az összes feladat és kérdés égitestekkel kapcsolatos.

[23. lecke: Mesterséges égitestek]

Mesterséges égitestek mozgása, kozmikus sebességek szerepe. A mesterséges holdak szerepe a mai hírközlésben, tájékozódásban, a GPS műholdak működése.

## **2.2 Tankönyv (2) bemutatása**

Dr. Halász Tibor: Fizika 9. természetről tizenéveseknek; Mozaik Tankönyvkiadó – Szeged, 2013 – első kiadás

II. rész: A Newtoni dinamika elemei- a tömeg és az erő

[2. A tehetetlenség törvénye és az inercia rendszer]

Az álló csillagok, mint tartós inercia rendszerek. Gondolkodtató kérdéseknél a 7. „*A Föld körül nagy sebességgel mozgó űrhajóból „űrsétára” indul egy űrhajós. Kell-e tartania attól, hogy lemarad az űrhajóról? Miért?*” (Tankönyv, 64. oldal)

#### [5. Lendület, lendületmegmaradás]

Légpárnás járművek – rövidfilm, amelyben, néhány mondatban és képkockában a rakéta működési elve szerepel. Egy gondolkodtató kérdés és egy számítási feladat található még a rakéták gyorsulásával kapcsolatban.

#### [6.2. Erő – ellenerő. A mechanikai kölcsönhatás]

Négy 3D animáció az űrhajókkal kapcsolatban, valamint a gondolkodtató kérdéseknél egy feladat: „*Végezzünk el egyszerű rakéta kísérleteket. Fújjunk fel egy luftballont, majd bekötés nélkül engedjük el! Mi az oka a látottaknak?*” (Tankönyv, 83. oldal)

#### [8. Kényszererők és meghatározásuk.]

3D animáció a súlytalanság és a kozmikus sebességekkel kapcsolatban. Az űrhajók keringését a Föld körül a vízszintes hajítás segítségével értelmezi.

#### [9. Tehetetlenségi erő (kiegészítő anyag).]

A Föld forgásának következményeként létrejövő centrifugális erő, valamint Coriolis-erő rövid ismertetése.

#### [10.3 A nehézségi erő és a gravitációs törvény]

Kisfilm: Járt-e ember a Holdon? A Föld nehézségi erejének magyarázata a Föld forgásának segítségével, valamint hogy miért különbözik a nehézségi erő értéke a különböző szélességi fokokon. A Newton-féle gravitációs törvény alkalmazási lehetőségei például a Nap és Föld tömegének meghatározására. A gondolkodtató kérdések és a feladatok is főleg csillagászati és űrkutatási elemekre épülnek.

## **2.3 Dinamika**

### ***2.3.1 Newton I. törvénye***

Newton I. törvénye a tehetetlenség törvénye, vagyis egy test, szabad test, amelyre nem hat erő, egyenletes sebességgel és egyenes vonalban mozog, vagy nyugalomban marad. Egy jól felszerelt középiskolai fizikai szertárban található légpárnás sín segítségével a tehetetlenség törvényét szépen szemléltethetjük. Miért pont ennek az eszköznek a segítségével? Mert egy megfelelő szerkezettel annyi levegőt fújunk a kiskocsi

és a sín közé, hogy a test nem érintkezik az alátámasztási felülettel, hanem vékony légpárnán nyugszik, amely részben súrlódástól mentes közeget biztosít. Ha ilyen kísérleti berendezési összeállításban meglökjük a sínekre helyezett kiskocsit, akkor az valóban egyenes vonalú egyenletes mozgást végez. A mozgás akkor szűnik meg, ha a kiskocsi a légpárna szélére jut, mert ekkor a fellépő súrlódás lefékezi a mozgást. Sajnos csak kevés iskola rendelkezik jól felszerelt fizika tanteremmel. Mivel az égitestek súrlódásmentesen mozognak a világűrben, segítségükkel egyszerűen magyarázhatóak a mechanikai rendszerek alapjelenségei. Öveges tanár úr a mesterséges holdak mozgásán keresztül magyarázza a testek tehetetlenségét.

#### Jelenség kifejtése:

Ha egy mesterséges holdat rakétával kilövének az űrbe és más erők nem hatnak rá, akkor évekig keringhet a Föld körül változatlan sebességgel.

**Kérdés:** Mi az oka ennek a jelenségnek?

**Válasz:** A testek önmaguktól nem képesek változtatni mozgási állapotukon.

Ha egy test nyugalomban van, akkor nyugalomban is marad, ha egy test mozgásban van, akkor mozgásban is marad, hacsak nem hat rá egy másik testtől származó erő, amely megváltoztatná mozgásának állapotát. A mesterséges holdak tehetetlenségükből származóan addig keringenek állandó sebességgel a Föld körül, amíg egy külső erő ezt meg nem változtatja. A mesterséges holdak pályájának a távolsága a Földtől attól függ, hogy milyen sebességgel indítottuk el. Ha kellő sebességet kap, akkor további hajtóerőre már nincs szükség, és állandó sebességgel kering a Föld körül (Öveges tanár úr fizikája).

Newton nem is gondolta, milyen hatalmas technikai fejlődés fog származni elméleteiből a testek tehetetlenségével kapcsolatban vagy inkább a gravitációs, azaz a tömegvonzás törvényéből, amely magyarázatára majd később kerül sor.

**Érdekesség:** 2013. november 22-én az Európai Űrügynökség (ESA) útnak indított egy három műholdból álló ún. Swarm kutatási projektet, melynek célja a Föld mágneses terének a vizsgálata (Frey, 2013).



17. ábra: Swarm kutatási projekt három mesterséges holdja<sup>16</sup>

### 2.3.2 Inerciarendszer

Az inerciarendszer olyan rendszer, ahol érvényes Newton első törvénye. Vizsgáljuk meg a testek mozgását egy Földhöz rögzített viszonyítási rendszerben, most egy kicsit másképpen, mint ahogy az a tankönyvekben található. Nézzünk fel az égre és figyeljük a csillagokat is, ne csak a földi objektumokat.

Ha egy mozgó vonat ablakából kinézünk, akkor úgy tűnik, hogy a közeli objektumok (pl. házak, fák, villanyoszlopok...) a távoli helyekhez képest mozognak, annak ellenére, hogy tudjuk, hogy a fák, házak stb. nyugalomban vannak a Földhöz képest.

**Kérdés:** Miből származik ez a mozgás?

**Válasz:** A vonat mozgásából, mert ha a vonat megáll, akkor az addig mozgó objektumnak tűnt objektumok is megállnak. Ez eddig szinte magától érthető.

Lépünk egy kicsit tovább. Figyeljük meg a Holdat, mely aránylag közeli a csillagokhoz képest! Azt tapasztaljuk, hogy a Hold, amely közelebb van hozzánk, mint a fénylő csillagok, látszólagos mozgást végez a háttérben lévő távoli csillagokhoz képest. Ez az előző példához hasonló jelenség. Egyszerűen ellenőrizhető.

Képzeltetbeli feladat (de akár meg is valósítható). Tegyük ezután egy esti sétát az erdőben, figyeljük a fákat, a csillagos égboltot a Holddal együtt. Mit tapasztalunk?

---

<sup>16</sup> 17. ábra:

[http://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/The\\_Living\\_Planet\\_Programme/Earth\\_Explorers/Swarm/ESA\\_s\\_magnetic\\_field\\_mission\\_Swarm](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers/Swarm/ESA_s_magnetic_field_mission_Swarm) [2014. 04. 10.]

Ahogy haladunk előre, a Hold és a csillagok is látszólagosan velünk tartanak, a fák viszont visszamaradnak.

Hogy miért? A Hold és a csillagok távolabb vannak tőlünk a fákhöz képest. De mi a fákat álló objektumoknak tudjuk, ezért szubjektív érzetünk azt sugallja, hogy a fákhöz képest a Hold és a csillagok is velünk mozognak.

Ha a séta után autóba ülünk, majd elhaladunk az erdő mellett, akkor pedig azt tapasztaljuk, hogy a fák visszafelé mozognak a Hold és a csillagok pedig velünk együtt állnak (Jánossy, 1975).

Megjegyzés: Valójában a Földhöz rögzített koordináta rendszer együtt forog a Földdel, itt nem a newtoni mozgásról van szó, ez csak egy látszat, amelyet a Földhöz való viszonyítás eredményez. Mint például a játszótéren, ha körhintán ülünk, olyan érzetünk van, mintha a környezet forogna körülöttünk. A Föld forgása azonban lassú, ezért lehet inerciarendszernek használni számos földi és égi fizikai jelenség megfigyelésében.

A csillagászatban inerciarendszerként az „állócsillagokat” választják.

### ***2.3.3 Newton II. törvénye***

Newton első törvénye a testek tehetetlenségéről szól, azaz ha a testre nem hat külső erő, akkor a test mozgási állapota nem változik. Newton tovább gondolkodott és próbált törvényt találni a testek mozgás állapotának megváltozására. Második törvénye épp ezért jelentős. A tanulók általános iskolai tanulmányaik során megismerkedtek a dinamika alaptörvényével, mely matematikailag felírható a következő alakban:  $F = m \cdot a$ , a testre ható erő és a gyorsulás közti összefüggés. Középiskolában már ezt a tudást kell tovább fejlesztenünk. A második törvény értelmében a test tehetetlenségének a mértéke a tömeg, de hogyan is van ez, mit is jelent? Tisztázzuk az erő fogalmát is.

Első lépésként kezdjük a következő kérdéssel:

**Kérdés:** Ha kezdeddel egyenlő nagyságú erővel meglöpsz egy nehezebb és egy könnyebb tárgyat, melyik mozgása lesz gyorsabb?

A választ a diákok többsége persze tudja, de mi is a jelenség lényege? Ha megértették a tehetetlenség fogalmát, akkor itt már tovább léphetünk és újabb jelzőket használhatunk: tehetetlenebb vagy kevésbé tehetetlenebb.

**Kérdés:** Melyik test tehetetlenebb?

**Válasz:** Amelyik test tömege nagyobb, annak nehezebb megváltoztatni a mozgásállapotát, tehát tehetetlenebb.

S ekkor már eljutottunk egy olyan gondolatmenetig, melynek segítségével már könnyen belátható, hogy a tömeg a tehetetlenség mértéke. S mivel azt már tudják, hogy a test tömege állandó, ebből következik, hogy az  $m = \frac{F}{a}$  is állandó, egy meghatározott tömegű testre.

Mivel a test mozgásállapotának változása valamilyen kölcsönhatás következménye, ebből következik az erő egy kicsit pontosabb definíciója - az erő a kölcsönhatás mértéke.

Newton második törvényének gyakorlati alkalmazására egy példa, az űrhajósok tömegének meghatározása (az ötlet a NASA Education program felhasználásából származik). Az űrhajós hiába állna rá az űrhajóban egy fürdőszobai mérlegre, nem lehetne meghatározni a tömegét, hiszen a mérleg is az űrhajóssal együtt szabadon esik. Erre a célra kifejlesztettek egy ún. rugós mérleget. Lényege, hogy az űrhajós testét egy rugó segítségével pontosan meghatározott erővel meghúzzák és meghatározzák a gyorsulást. Majd Newton második törvényének segítségével kiszámolható az űrhajós tömege. Miért van ennek jelentősége, természetesen az űrhajósok egészségének megőrzésére, például az űrruhák védelmi szerepének fejlesztésében.

### **2.3.5 Perdületmegmaradás törvénye**

A Naprendszer bolygóinak mozgása egy különösen jó példája az impulzusmomentum, azaz a perdület megmaradás törvényének. Egy körpályán mozgó test perdülete a test tömegének, sebességének és a körpálya sugarának a szorzata:  $L = m \cdot v \cdot r$ ,  $r \perp v$ . A Nap bolygói a körtől alig eltérő ellipszis pályán keringenek. A Nap körüli keringő mozgáson kívül az egyes bolygók tengelyük körül is forognak, valamint a Nap is forog saját tengelye körül. Tehát a Naprendszerre tekinthetünk, mint több forgó részecskéből álló rendszere, amelyek együttes mozgása adja a Naprendszer impulzusmomentumát. Csillagászati megfigyelések adatai azt mutatják, hogy bolygórendszerünk össz impulzusmomentuma időben állandó. Ami azt jelenti, hogy a Naprendszer együttes impulzusmomentuma ma is annyi, mint amennyi kialakulásakor volt.

Az impulzusmomentum megmaradás törvénye a következő: „*Ha egy rendszerre nem hatnak külső erők, akkor az egész rendszer együttes impulzusnyomatéka időben állandó.*” (Ivanović, Raspopović, 1987).

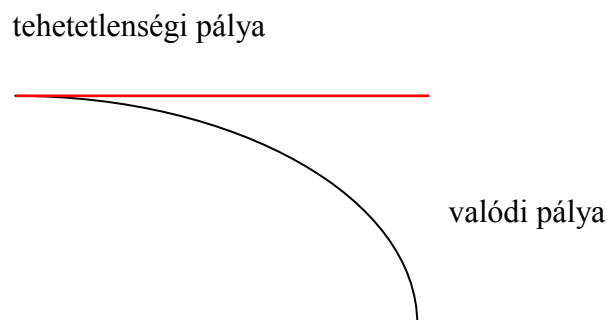
A fent leírtak alapján a Naprendszer impulzuszómomentum is állandó. Hogyan is értelmezhető ez?

A bolygók nagyon nagy távolságra vannak egymástól, ezért ha egy bolygó mozgását vizsgáljuk a Naphoz viszonyítva, úgy tekinthetünk a feladatra, hogy nem vesszük figyelembe a többi bolygó gravitációs hatását. Tehát megközelítőleg zárt rendszernek tekinthetjük. A zárt rendszer együttes perdülete állandó. Ez nem azt jelenti, hogy a rendszert alkotó elemeknek külön-külön is állandó a perdülete, az változhat. Ha egy rendszer egyik részének megnő a perdülete, akkor a másik részének ugyanakkora értékkel kell csökkennie.

Kepler II. törvénye, melyet csillagászati megfigyelések adatainak kiértékelése alapján ismert fel, tulajdonképpen egyenes következménye a perdületmegmaradás törvényének.

### 2.3.6 Egyenletes körmozgás dinamikai leírása

Az egyenletes körmozgás dinamikai feltételeinek értelmezésére, a bolygók mozgásuk során leírt pálya segítségével tehetjük érdekesebbé az órát. Induljunk ki a már ismert jelenségekből. Newton első törvénye alapján a testek nyugalomban vannak, vagy egyenes vonalú egyenletes mozgást végeznek addig, míg egy külső erő ezt meg nem változtatja. Ha egy bolygóra nem hatna semmilyen erő, akkor a bolygó is egyenes vonalú mozgást végezne.



20. ábra: Az erőmentes pálya és a nehézségi erő hatására elgömbült pálya

A tehetetlenségi pályán semmilyen erő nem befolyásolná a bolygó mozgását, vagyis erőmentesen haladna, ám ez eltér a tényleges mozgás pályájától. Nézzük csak, milyen irányú ez az eltérés? Láthatjuk, hogy a mozgás irányára merőleges. A tehetetlenségi elv értelmében, tehát a bolygót Nap körüli pályán vezérlő erő nem a körpálya mentén hat, azaz

érintőlegesen, hanem a Nap irányában. Ezt a gondolatmenetet lehet folytatni majd a Newton-féle gravitációs erő magyarázatánál, de most folytassuk a körmozgás dinamikai feltételét. Tudjuk, hogy egyenletes körmozgásnál a mozgó test érintő irányú sebességének számbeli értéke egyforma, de iránya pillanatról pillanatra változik, ezért a test befelé gyorsul. Tehát a bolygók is a Nap felé gyorsulnak (de soha nem esnek rá). Az ezen gyorsulást létrehozó erőt (az eredő erőt) centripetális erőnek nevezzük. Newton második törvénye alapján,

$$F_{cp} = m \cdot a_{cp} = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

Ebből láthatjuk, hogy az erő, amely egy testet körpályán tart fordítottan arányos a pálya sugarával. (Jánossy 1975).

### 2.3.7 A Newton-féle gravitációs (tömegvonzási) törvény

Folytatva a 2.3.6.-ban elkezdett gondolatmenetet, ismertessük a tanulókkal, hogyan gondolkodott Newton, miként jutott el a tömegvonzási törvényhez és milyen jelentősége van a csillagászat és az űrkutatás számára. Newton ismerte a Földön szabadon eső tárgy mozgását, próbálta megtalálni a választ, miért nem zuhan a Hold a Földre. A Hold mozgását a Földön, a szabadon eső tárgy mozgásához hasonlította. Kiszámolta, hogy a Hold is szabadon esik a Föld felé, de nem esik rá, mivel ez az esés pontosan akkora, mint amennyivel a Hold pályája eltér az egyenes pályától, a tehetetlen pályától, vagyis attól a pályától, amelyen erő nem hatna rá. Felhasználta Kepler II. és III. törvényét.

Első feltételezése a következő volt:  $F_g \sim m_1 \cdot m_2$ , a gravitációs erő arányos az egymásra ható testek tömegének szorzatával.

A második feltételezése, hogy létezik egy olyan erő, amely a testek közötti távolság négyzetével fordítottan arányos és a két testet összekötő egyenes mentén hat:  $F_g \sim \frac{1}{r^2}$ .

Próbáljuk meg ezt kicsit bővebben kifejteni, miként jutott Newton erre a következtetésre.

Ismételten, mint azt már munkámban többször említettem feltételezzük, hogy a bolygók a Nap körül, körpályán haladnak. Felidézésképpen az előzetes tudást, a tanulókat is vonjuk be az elmélet levezetésébe.

**Kérdések:**

1. Milyen erő szükséges ahhoz, hogy egy test körpályán mozogjon?
2. Hogyan határozzuk meg a centripetális erő nagyságát?



3. Milyen irányú a test gyorsulása, ha a test egyenletes körmozgást végez?
4. Milyen kapcsolat, összefüggés van a kerületi sebesség és a szögsebesség között?

Bízva, hogy a tanulók már értik az eddig tanultakat, felírhatjuk a következő összefüggést:

$$F_{cp} = m \cdot a_{cp} = m \cdot \frac{v^2}{r} = m \cdot \frac{\left(2\pi \cdot \frac{r}{T}\right)^2}{r} = \frac{4\pi^2 \cdot r}{T^2}$$

Kepler III. törvénye lehetővé teszi, hogy különböző sugarú pályákon mozgó bolygók összefüggéseit tanulmányozzuk.

Két bolygó viszonya:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

Két bolygóra ható erő viszonya pedig a következő:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{T_1^2}{T_2^2} \cdot \frac{r_1}{r_2}$$

A fenti két egyenletből származik:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

S végül az erőhatás:

$$F_1 : F_2 = \frac{m_1}{r_1^2} : \frac{m_2}{r_2^2}$$

Ezt a gondolatmenetet azért tartom fontosnak, mert a tanulók láthatják az összefüggéseket, matematikai megoldásokat egyes törvények között. A levezetések alapján eljutottunk Newton gravitációs törvényéhez, amely matematikai alakja a következő:

$$F_g = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

(Radnóti, 2014)

A gravitációs erőtvény lehetőséget nyújt a testekre ható vonzóerő tanulmányozására.

A következő számítási feladatokkal - az egyenletes körmozgásról, Kepler törvényeiről és a gravitációs erőtvényről tanultakat alkalmazva -, elmélyíthető a tanulók tudása, lehetőséget adva a hosszú távú memóriában való tárolásra.

#### Feladatok:

- (1) A Marsnak két holdja van – a Phobosz és a Deimosz. Az egyik 9500 km sugarú pályán kering a Mars körül, míg a másik 24000 km sugarú pályán. Határozd meg a holdak keringési idejét! A Mars tömege  $6 \cdot 10^{24}$  kg.
- (2) Határozd meg a Föld körül 7000 km sugarú pályán keringő szatellit sebességét és gyorsulását, ha ismert a Föld tömege:  $6 \cdot 10^{24}$  kg.
- (3) Egy űrhajóra milyen távolságban lesz a Föld gravitációs ereje százszor kisebb, a Föld felszínén mért értéktől? A Föld sugara 6378 km (Čaluković, 2010).

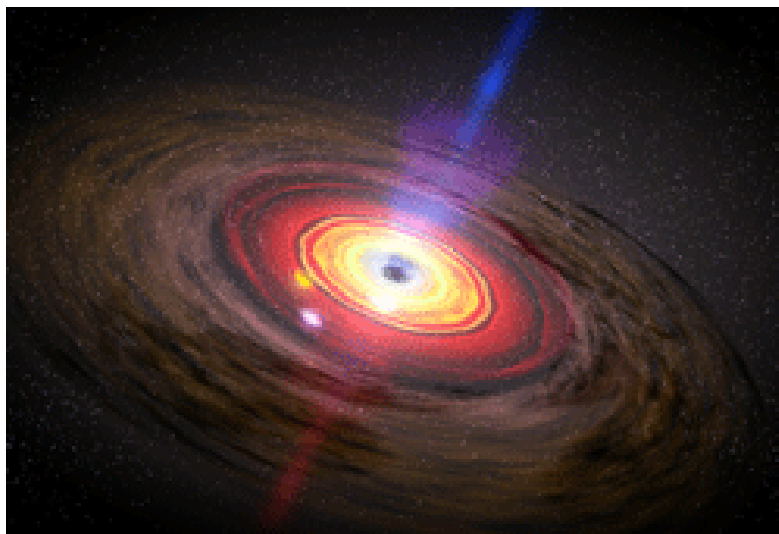
Newton gravitációs törvénye sok olyan jelenséget megmagyaráz, melyekre korábban nem volt lehetőség. Például: a Föld és a Hold vonzásának következménye a Földön az ár-ápany jelensége, de ezt a tankönyvek is ismertetik. A tömegvonzás törvényével magyarázható a csillagok keletkezése és a bennük létrejövő energiatermelő folyamatok kialakulása, a csillagködök alakja, valamint a Föld körül keringő mesterséges holdak és űrhajók pályája kiszámítható, meg lehet határozni a Föld, a Nap és más égitestek tömegét, sűrűségét stb.

#### **2.3.8 A gravitációs mező**

Minden testet gravitációs mező vesz körül. A gravitációs mező grafikus ábrázolására erővonalakat használunk. Az erővonalak a testbe futnak és merőlegesek a felületükre. A gravitációs mező egyik fontos jellemzője, hogy a testek belsejében is létezik. A gravitációs mezőben a tömeg kulcsfontosságú.

Közelítsük meg ezt a fizikai fogalmat kicsit újszerűbben, aktualizálva, a tudomány fejlődési eredményeivel. A gravitációs mező tanulmányozása nagy jelentőségű a csillagászat és az űrkutatás számára. Érdekes jelenségek, mint például a fekete lyukak is a gravitációs mező segítségével értelmezhetők. A kutatók szerint a fekete lyukak gravitációja extrém tömegük miatt olyan hatalmas, hogy „felfal” mindent a környezetében. A hatalmas

vonzerő következtében, semmi sem juthat ki, még a fény sem. A következő fantáziakép egy fekete lyukat ábrázol.



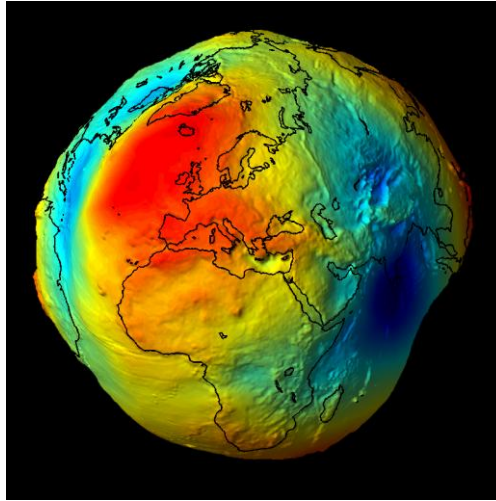
21. ábra. Fantáziakép fekete lyukról (NASA)<sup>17</sup>

A gravitációs mező fontos tulajdonsága az egyetemesség, vagyis, hogy minden részecskére kihat, illetve minden más részecske gravitációs mezőjével kölcsönhat. A sztatikus gravitációs mezőn kívül ma már a kutatók keresik a változó gravitációs mező jellemzőjét, a gravitációs hullámot. Ennek a jelenségnek észlelésére kutató, megfigyelő állomásokat hoztak létre. Ilyen például az Egyesült Államokban 1992-ben épült LIGO (Lézer Interferometriás Gravitációs Obszervatórium), valamint a VIRGO, GEO600 és a TAMA300.

A Föld gravitációs mezőjének feltérképezésére indult 2009. 03. 07-én az európai űrügynökség GOCE nevű műholdja. Küldetése sikeres volt, eredményei alapján a 21. ábrán látható térkép készült el. Ez a műhold 2013 novemberében a Földre való visszatérése során, amikor belépett a földi légkörbe szétesett és megsemmisült (Frey, 2013).

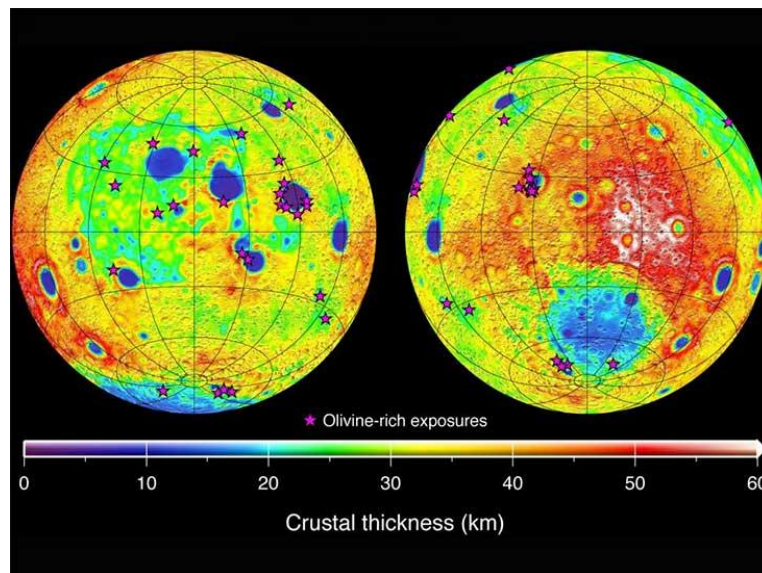
---

<sup>17</sup> 21. ábra: <[http://www.nasa.gov/centers/goddard/universe/blackhole\\_race.html](http://www.nasa.gov/centers/goddard/universe/blackhole_race.html)>[2014. 04. 10.]



22. ábra: A Föld gravitációs mezőjének térképe<sup>18</sup>

2013.november 7.: a NASA GRAIL (Gravity Recovery and Interior Laboratory) programját képező űrszonda párosa, a Hold egy új eddig ismeretlen arculatát mutatta be. A két szonda a Hold felszíne feletti alacsony pályán végzett távolság és gyorsulás méréseket az égitest gravitációs mezőjének feltérképezése céljából. A gravitációs mező változásainak kimutatása lehetőséget nyújt a Hold belső szerkezetének, anyagi összetételének tanulmányozására, valamint a Hold felszínén található becsapódási kráterek keletkezésének okainak feltárására (Frey, 2012).



23. ábra A Hold gravitációs mezőjének térképe<sup>19</sup>

<sup>18</sup> 22. ábra: <<http://earthsky.org/earth/european-satellite-produces-most-detailed-view-yet-of-earths-gravitational-field>> [2014. 04. 10.]

<sup>19</sup> 23. ábra: <[http://solarsystem.nasa.gov/grail/newsdisplay.cfm?Subsite\\_News\\_ID=34230&SiteID=2](http://solarsystem.nasa.gov/grail/newsdisplay.cfm?Subsite_News_ID=34230&SiteID=2)> [2014. 04. 10.]

### **III. Tanulói kompetenciák**

#### **3.1. NAT 2013 tanulói kompetenciák**

Dolgozatomban két olyan tankönyvet választottam elemzésre, amelyek az új Nemzeti Alaptanterv követelményei szerint készültek (NAT, 2012). Elgondolásomat az vezérelte, hogy ezek a követelmények 2013. szeptember 1-jén léptek hatályba az iskolai nevelés és oktatás első, ötödik és kilencedik osztályában. A NAT 2013 szerint a fizika szaktárgy az ember és természet műveltségi területhez tartozik. A következő tanulói kompetenciák fejlesztését írta elő:

- Anyanyelvi kommunikáció
- Idegen nyelvi kommunikáció
- Matematikai kompetencia
- Természettudományos kompetencia
- Digitális kompetencia
- A hatékony önálló tanulás
- Kezdeményező képesség és vállalkozói kompetencia
- Esztétikai-művészeti tudatosság és kifejezőképesség

#### **3.2. Összefoglaló, a szakdolgozatom által nyújtott tanulói kompetenciák fejlesztésére**

Szakdolgozatomban olyan ismereteket gyűjtöttem össze, amelyek a tanulóknak érdeklődést váltanak ki a fizika tudománya iránt, a NAT 2013 által előírt követelmények számbavételével. Egy-egy elméleti háttér magyarázata, gondolkodtató kérdések, számítási feladatok több tanulói kompetencia fejlesztésére nyújtanak lehetőséget. A tanulók aktív bevonása a tanórába fejleszti az anyanyelvi kommunikációs készséget, a kifejező képességet, a logikus, természettudományi gondolkodást. Ugyanakkor a szociális kompetencia fejlesztése is teret kap. Munkámban többször rámutatok a törvények közötti kapcsolatokra, különösképpen vonatkozik ez Kepler és Newton által megfogalmazottakra. Hangsúlyt fektetve a rendszerező képességre, amelyek az ismert információk, törvényszerűségek felismerésével új tudást hoznak létre. Dolgozatomban a testek mozgásának kinematikai és dinamikai leírásával foglalkoztam, természetesen nem a teljesség igényével, hiszen a dolgozat terjedelme túl szűkös az összes szükséges fizikai fogalom és törvény értelmezésére. Azokat a részeket ragadtam ki, amelyek pillanatnyilag ihletet nyújtottak egy újszerű és korszerű oktatáshoz. Szem előtt tartva a mai fiatalok

érdeklődését, mintegy új lehetőséget teremtve a természettudományos érdeklődés fokozására. A mai világ fejlődése szükségessé teszi az idegen nyelv használatát, az animációk, és a NASA által kínált számos oktatói program alkalmazása lehetőséget nyújt az idegen nyelvi kommunikáció könnyed elsajátítására. Az önálló feladatok, mint például a dolgozatomban szereplő égbolt megfigyelése hatékony, saját tapasztalatokra támaszkodó önálló tanulási lehetőséget fejleszt. A számítási feladatok komplexitása segítséget nyújt több kompetencia fejlesztésében. A feladat megoldásához nélkülözhetetlen az értő olvasás, és az eredmények reprezentatív kommunikálása. Az ismeretek alkalmazása, azok matematikai megfogalmazása, mennyiségi viszonyok érzékelése, életszerű kontextusba helyezése mind-mind a matematikai és természettudományos kompetencia fejlesztésében kínálnak lehetőségeket. Az eredmények számítógépes technikákkal való feldolgozása, ábrák készítése a digitális kompetencia fejlesztését tehetik eredményesebbé. Egy feladat megoldása, ha az a diák saját ötletén alapul, akkor az a vállalkozói szelleméről tanúskodik. A tanár feladata nem a megoldás levezetése, hanem a tanulóknak az érdeklődés és tudás vágyának a felkeltése.

*„Az iskola arra való, hogy az ember megtanuljon tanulni, hogy felébredjen tudásvágya, megismerje a jól végzett munka örömét, megízlelje az alkotás izgalmát, megtanulja szeretni, amit csinál, és megtalálja azt a munkát, amit szeretni fog.”*

*(Szent-Györgyi Albert)*

A tudás megszerzése és annak hosszú távú tárolása szempontjából fontos a kontextus, a tartalmi beágyazása. Ha a tanulók számára érdekes kontextusba helyezünk az új ismereteket, mint például: a fizika a csillagászatban és űrkutatásban, s erről bemutatunk néhány új eredményt, akkor az ismeretek későbbiben is alkalmazható tudássá fejlődnek.

## **Köszönetnyilvánítás**

Köszönöm témavezetőmnek, Dr. Szatmáry Károlynak a segítségét és tanácsait.  
Köszönettel tartozom családomnak a türelmükért és támogatásukért.

## Irodalomjegyzék

1. Budó Ágoston: Kísérleti fizika I. Bp. : Tankönyvkiadó, 1989
2. Čaluković Nataša: Fizika za prvi razred gimnazije. Beograd : Krug, 2011
3. Čaluković Nataša: Zbirka zadataka i testovi za prvi razred gimnazije. Beograd : Krug, 2010
4. Csajági Sándor - Fülöp Ferenc: Fizika 9. a középiskolák számára. Bp. Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó, 2013
5. Dimić Gojko L. – Radivojević, M.: Fizika az egységes középiskolai nevelés és oktatás I. osztálya számára. Újvidék: Tankönyvkiadó Intézet, 1980
6. Feynman, R. P. – Leighton, R. P. – Sands, M.: Mai fizika 1. Bp. : Műszaki Könyvkiadó., 1970
7. Frey Sándor: A Hold legpontosabb gravitációs térképe.  
<[http://www.urvilag.hu/a\\_holdnal/20121213\\_a\\_hold\\_legpontosabb\\_gravitacios\\_terkepe](http://www.urvilag.hu/a_holdnal/20121213_a_hold_legpontosabb_gravitacios_terkepe)> [2014. 04. 10.]
8. Frey Sándor: Elindult a Gaia  
<[http://www.urvilag.hu/urcsillagaszat\\_europaban/20131220\\_elindult\\_a\\_gaia](http://www.urvilag.hu/urcsillagaszat_europaban/20131220_elindult_a_gaia)> [2014. 04.10.]
9. Frey Sándor: Elindult a Swarm  
<[http://www.urvilag.hu/nyeresege\\_a\\_kontinensnek/20131122\\_elindult\\_a\\_swarm](http://www.urvilag.hu/nyeresege_a_kontinensnek/20131122_elindult_a_swarm)> [2014. 04. 10.]
10. Frey Sándor: Leesett a GOCE, bajt nem okozott  
<[http://www.urvilag.hu/nyeresege\\_a\\_kontinensnek/20131111\\_leesett\\_a\\_goce\\_bajt\\_nem\\_ozozott](http://www.urvilag.hu/nyeresege_a_kontinensnek/20131111_leesett_a_goce_bajt_nem_ozozott)> [2014. 04. 10.]
11. Frey Sándor: Végre elindult a GOCE  
<[http://www.urvilag.hu/nyeresege\\_a\\_kontinensnek/20090317\\_vegre\\_elindult\\_a\\_goce](http://www.urvilag.hu/nyeresege_a_kontinensnek/20090317_vegre_elindult_a_goce)> [2014. 04. 10.]
12. Halász Tibor: Fizika 9. természetről tizenéveseknek. Szeged, Mozaik Kiadó 2013
13. Ivanović, D. - Raspopović, M.: Fizika a középfokú oktatás és nevelés I. osztálya számára. Beograd : Naučna Knjiga, 1987
14. Jánossy Lajos: Fejezetek a mechanikából. Bp. MRT-Minerva, 1975
15. Kereszturi Ákos - Tepliczky István: Csillagászati tankönyv kezdőknek és haladóknak :elektronikus változat. <<http://mek.oszk.hu/00500/00556/00556.htm>> [2014. 04. 10.]



16. Kővári Zsolt: Csillagászat <<http://www.konkoly.hu/~kovari/CSILLAGASZAT/>> [2014. 04. 10.]
17. Marik Miklós (szerk.): Csillagászat. Bp. : Akadémiai Kiadó, 1989
18. NASA Education <[http://www.nasa.gov/offices/education/about/#.U0\\_enfl\\_tnU](http://www.nasa.gov/offices/education/about/#.U0_enfl_tnU)> [2014. 04.10.]
19. NAT-2012:  
[http://dokumentumtar.ofi.hu/index\\_NAT\\_2012.html](http://dokumentumtar.ofi.hu/index_NAT_2012.html)  
[2014.04.20]
20. Oktatási Hivatal, PISA 2012 mérés  
<[http://www.oktatas.hu/koznevelés/merések/pisa/pisa\\_2012\\_meres](http://www.oktatas.hu/koznevelés/merések/pisa/pisa_2012_meres)>  
[2014.04.10.]
21. Öveges tanár úr fizikája <<http://www.vilaglex.hu/Fizika/Html/Orokmoz.htm>>  
[2014. 04. 10.]
22. Radnóti Katalin honlapja.<<http://members.iif.hu/rad8012/>> [2014. 04.10.]
23. Radnóti Katalin, Nahalka István: A fizikatanítás pedagógiája. Bp. : Nemzeti Tankönyvkiadó, 2002
24. Sain Márton: Nincs királyi út! Bp. : Gondolat, 1986
25. Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete. Bp. : Gondolat Kiadó, 1986
26. Szatmáry Károly: <http://astro.u-szeged.hu/ismeret/holdadat.html>
27. Szatmáry Károly - Székely Péter – Szalai Tamás - Szabó M. Gyula, 2011:  
Csillagászat <<http://astro.u-szeged.hu/oktatas/csillagaszat.html>> [2014. 04. 10.]
28. Teiermayer Attila: Kísérletek, fényképek és videofelvételek alkalmazása a fizika oktatásában. <<http://fiztan.phd.elte.hu/letolt/konfkotet2012.pdf>> [2014. 04. 10.]
29. Természettudományos nevelésről <<http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/1999/10/1999-10t.pdf>> [2014. 04. 10.]

## **Nyilatkozat**

Alulírott Árokszállási Laura fizikatanár MSc levelező szakos hallgató (ETR azonosító: ARLUAAT.SZE) a „Csillagászati és űrkutatási ismeretek alkalmazása a középiskolai fizika oktatásában” című szakdolgozat szerzője fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem, hogy dolgozatom önálló munkám eredménye, saját szellemi termékem, abban a hivatkozások és idézések általános szabályait következetesen alkalmaztam, mások által írt részeket a megfelelő idézés nélkül nem használtam fel.

Tudomásul veszem azt, hogy szakdolgozatomat a Szegedi Tudományegyetem könyvtárában, a kölcsönözhető könyvek között helyezik el.

Szeged, 2014. április 30.

.....

hallgató aláírása