Szegedi Tudományegyetem
Természettudományi Kar
Kísérleti Fizika Tanszék

Fizika szak

SZAKDOLGOZAT

Csillagászati ismeretek alkalmazása a fizika oktatásában

Jurkovity Mónika

Témavezető: Dr. Szatmáry Károly, habil. egyetemi docens

2005

Tartalomjegyzék

Bevezetés

„...A csillagászat idősebb, mint a fizika.
Bizony, a csillagászat indította el a fizikát,...”

(Richard P. Feynman: Hat könnyed előadás)

Az elmúlt években megfigyelhető volt a fizika iránti érdeklődés csökkenése a középiskolások körében. Ennek az okait kutatva több együttes hatást lehet felfedezni. Ezt még inkább kihangsúlyozza az is, hogy a több, egymást követő iskolareform következtében a természettudományos órák száma a középiskolákban (a gimnáziumokban és a szakközépiskolákban is) lényegesen lecsökkent. Ennek a tendenciának a következménye, hogy az egyetemek fizika tanszékcsoportjai által meghirdetett szakokon – főleg a tanár szakon – lecsökkent a jelentkezők száma.

A fizika tantárgya az általános- és középiskolákban nem csak egy a sok tantárgy közül. A diákok ezeken az órákon tanulhatják meg azokat az alaptörvényeket, amelyek által megismerjük a világot, ahol élünk. A fizika fontos szerepet tölt be a fiatalok egyéniségének és személyiségének a kiformálásában is, hiszen általa alakíthatják ki például az egészséges kritikai álláspontot. Sajnos ennek ellenére a felnövekvő generációk mégsem tartják érdekesnek. A televízióból, internetről vagy sajtóból hallottakat, látottakat fogadják el tudásnak, a valódi tudomány iránt nem érdeklődnek. Általánosan nézve, kialakult egy olyan előítélet a diákokban, hogy a fizika nehéz, és ez egy öngerjesztő folyamat. A fizika iránti érdeklődést új oktatási módszerek alkalmazásával fel lehetne kelteni a diákokban.

A csillagászati témák szinte mindig érdeklődést keltenek fel az emberekben, így a fiatal korosztályban is. Ezt kihasználva, a csillagászatot a megfelelő helyeken beépítve a fizika tantárgy oktatásába, a diákokban felébreszthető lenne a fizika iránti érdeklődés. A csillagászat egy-egy friss kutatási eredménye megjelenik a médiában, tehát sok ember számára hozzáférhető és figyelemfelkeltő is egyben.

Dolgozatomban olyan csillagászati példákat mutatok be, amelyek a fizika tananyagát a diákok érdeklődéséhez közel hozza, kíváncsivá teszi őket és ösztönzi a fizika elsajátítására. Öveges Józsefet idézve: „Csak az az ismeret méltó a tudás névre, amit alkalmazni is tudunk. Az alkalmazással együtt mélyül, tudatosul és maradandóvá válik az ismeret.” (Öveges J. , 1998.)

1. Felmérések eredményei

Ebben a fejezetben nagyon röviden összegezem A fizika tanításában 1996-ban megjelent cikket, amelyet Szatmáry Károly, Gál János, Kovács Róbert és Harnos István írtak. A középiskolások körében készített felmérés azzal foglalkozott, hogy milyen csillagászati ismeretekkel rendelkeznek a tanulók.

A felmérés azt mutatta, hogy a gyerekek többsége érdekelt a témában, de nem igazán jártas benne. A legtöbb érdeklődést a megmagyarázatlan jelenségek váltották ki. Ezek közé tartoznak például az UFO-jelenségek, a gömbvillámok, az asztrológia.

A csillagászati kérdések élénken foglalkoztatják a diákokat, de nincsenek mélyebb ismereteik. Legtöbbször nem ismerik a jelenségek fizikai hátterét. Általános, hogy a tanulók nem alkalmazzák konstruktívan a különböző tantárgyakból megszerzett ismereteket. Sokszor nem különböztetik meg az áltudományokat a valós tudományos eredményektől. Idegenkednek az absztrakciós eszközöktől, pontosabban a matematika széleskörű alkalmazásától.

„...csak akkor tudunk kellő szintű belső motivációt biztosítani a fizikatanítás, tanulás folyamatában, ha konkrétan ismerjük a tanulók fizika iránti érdeklődésének mértékét és indítékait." – olvasható Dr. Zátonyi Sándor „A fizika tanítása és tanulása az általános iskolában" című könyvében. Továbbá ugyanitt közölt, már 1978- és 1979-ben elvégzett vizsgálatok is azt mutatták, hogy a tanulók három témakört emeltek ki, amelyeket érdekesnek tartottak a fizikával kapcsolatosan: a csillagászatot, az űrrepülést és a lézert (Zátonyi S., 1990.).

A csillagászat iránti érdeklődésüket fel lehet használni a fizika középiskolai oktatásában, hiszen a fizika tantárgy szerves részévé tehető a csillagászati példák alkalmazása. Így a fizika már nem csak egy elszigetelt tantárgy marad, hanem beköltözik a tudatukba, mint a világ megértésének egyik eszköze. A csillagászat pedig az, ami motiválja a tanulókat. Kiss Árpádot idézve: „Motiváción azoknak a különböző eredetű indítékoknak együttesét értjük, melyek a tanulót a tanulásra ráveszik, és a tanulási kedvét és elhatározását a tanulás végéig életben tartják." (Kiss Á., 1963.)

2. A NAT és a kerettanterv

A NAT, vagy a Nemzeti alaptanterv a rendszerváltozás óta több reformon ment át. Dolgozatomban a pillanatnyilag hatályos, 2003-ban elfogadott NAT alapelveit és célkitűzéseit használom útmutatóként. A NAT előírja, hogy adott oktatási intézmények milyen irányelveket kövessenek az oktatási folyamat során. Megadja az időkereteket, amelyeken belül minden iskola megalkothatja a saját egyéni helyi tantervét, vagy felhasználhat egyes elfogadott kerettanterveket. A tanítandó ismeretanyag a NAT-ban témakörökre bontva szerepel és a nevelési cél mindegyikhez hozzá van rendelve. A követelményrendszer biztosítja, hogy a diákok ugyanolyan tudásanyagot sajátítsanak el a helyi körülmények figyelembe vételével.

A NAT bevezetése elindította a szabad tankönyvpiacot is, amelynél az adott iskola dönti el, nekik melyik tankönyv felel meg a legjobban. Dolgozatomban a Mozaik Kiadó fizika tankönyvcsaládját és gimnáziumi kerettantervét felhasználva egyes tananyagrészekhez a tanórákon alkalmazható kiegészítő anyagokat mutatok be. Ezt leginkább óratervezetek részleteivel, példákkal, feladatokkal teszem, hiszen így válik alkalmazhatóvá az a plusz anyag, amivel felkelthető a diákok figyelme a fizika iránt a csillagászaton keresztül.

3. Fizika 9–11(12)

3.1. 9. tanév: Mechanika

3.1.1. A testek mozgása

A kerettanterv céljai és feladatai között szerepel: „Bemutatni, kísérletekkel, mérésekkel vizsgálni, kvalitatív és kvantitatív módon jellemezni a haladó, illetve körmozgást. Erősíteni a tapasztalatokra, a kísérleti megfigyelésekre, elemzésekre épülő ismeretszerzés gyakorlatát, az absztrakciós képességet.” Ezt az irányelvet a csillagászat segítségével is meg lehet valósítani.

A szabadon eső test mozgása

Ha egy fizika órára képzeljük magunkat, akkor a csillagászatot az alábbi módon használhatjuk fel az óra során.

Motiváció: mindennapi tapasztalat, hogy a testek leesnek a földre. Nézzünk néhány kísérletet ennek a bemutatására. (A diákok feladata, hogy a kísérletet megfigyeljék és elmondják mit látnak.)

1. Kísérlet: Figyeljük meg, hogyan esik egy toll és egy radír.

Megfigyelés: Ezek a tárgyak úgy tűnik, különbözőképpen esnek, de az megállapítható, hogy függőlegesen lefelé, és gyorsan zuhannak.

2. Kísérlet: Vegyünk két papírlapot. Az egyiket gyűrjük össze gombóccá, a másikat meg hajtsuk félbe. Mindkettőt egyidőben engedjük el, körülbelül azonos magasságból.

Megfigyelés: A gombócba gyűrt papírlap rövidebb idő alatt ért a földre, mint az félbehajtott lap. Tehát a Földön a levegő akadályozza a nagy felületű papír esését.

3. Kísérlet: Vegyünk egy fémgolyót, és egy vele azonos méretű papírgombócot. Figyeljük meg, mikor ér földet a két test.

Megfigyelés: A két test közel azonos időben ért a földre.

Megfigyelhető, hogy az elejtett testek esése annál jobban hasonlít egymáshoz, minél jobban elhanyagolható esésük közben a levegő fékező hatása.

A LÉGÜRES TÉRBEN MINDEN TEST EGYFORMÁN ESIK.

Azt, hogy légüres térben **minden** test egyormán esik, nehezen tudjuk elképzelni, hiszen a mindennapi tapasztalatunkban mindig érvényesül a levegő hatása. Ha nem a Földön, hanem a Holdon vizsgáljuk meg a testek szabadesését, akkor beláthatjuk, hogy a következtetésünk helyes volt.

Bejátszás: Az Apolló 15 legénysége elvégezte ezt a kísérletet úgy, hogy egyszerre hagytak szabadon esni egy tollat és egy kalapácsot. Mindkét test egyszerre ért a talajra. (A bejátszás megtalálható a http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/image/featherdrop_sound.mov internetes címen.)

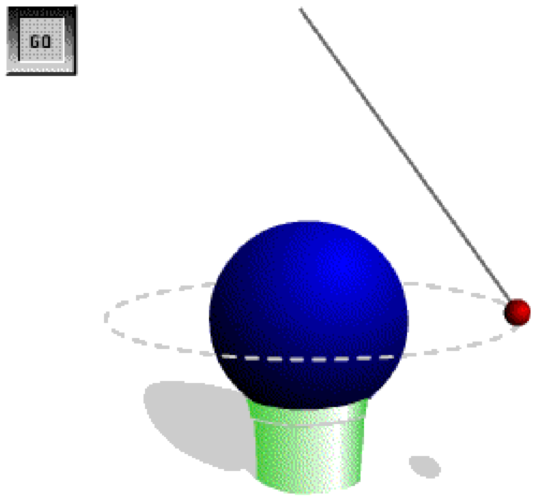
1. ábra. Az Apollo 15 toll és kalapács kísérlete, Alen Bean festménye.
(Forrás: http://www.alanbeangallery.com/reflection.html)

Ehhez a témakörhöz a Holdon készült felvétel nagyon nagy hatású lehet, hiszen nehéz kiküszöbölni a légkör létezéséből eredő hatásokat. Ezzel nem csak a szabadesést demonstráltuk, hanem a tanulók világszemléletének alakítására is alkalmas ez a bejátszás, hiszen a Hold az egyetlen égitest a Földön kívül, ahol járt ember. Még fontosabb az, hogy ezzel azt is bebizonyítottuk, hogy az iskolában tanult fizika érvényes a Földön kívül is.

Forgómozgás

A forgómozgás megismerése után, az órán megtanult fogalmakat lehet alkalmazni új környezetben. A kerettanterv megadja a fejlesztési feladatok között, hogy a diákok tudják megkülönböztetni egymástól a haladó és forgómozgást, és tudják összehasonlítani is őket. Csillagászati példákkal ez az alábbi módon valósítható meg.

Kérdés: Milyen mozgást végeznek a műholdak a Föld körüli keringésük során?



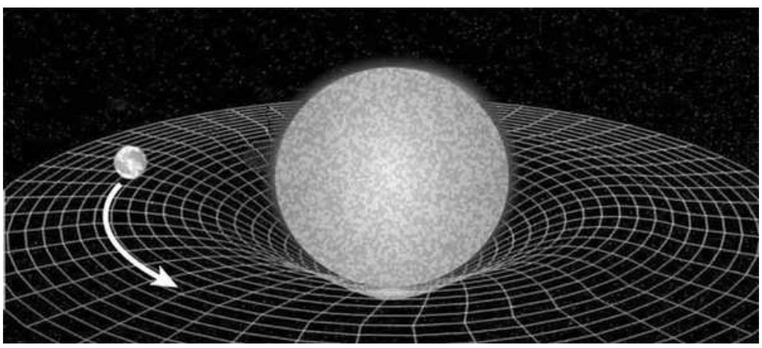
2. ábra. Modell: műhold mozgása a Föld körül 1.
(Forrás: http://science.nasa.gov/msl1/ground_lab/images/around/aroundtheworldanim.gif)

Válasz: A műholdak egyszerre végeznek haladó és forgó mozgást is.

Modellezés:

1. Egy egyszerű modellt készíthetünk a műholdak mozgásának bemutatására. Vegyünk egy cserepet, tegyünk bele egy labdát. Ez lesz a Föld. A labda középpontja felett tartva egy vékony zsinegen egy kicsi labdát forgassunk a nagy labda körül. A kis labda jelképezi a műholdat (lásd 2. ábra).

2. Nézzünk egy másik modellt a műholdak mozgására. Feszítsünk ki egy gumilepedőt. Tegyünk bele egy nehéz gömböt, amelytől a lepedő meghajlik. Ez jelképezi a gravitációs teret, amit létrehoz a centrális tömeg. Ügyesen indítsunk el egy kicsi golyót körpályán, a behajlított rész szélén. A kicsi golyó jelképezi a műholdat (3. ábra).



3. ábra. Modell: műhold mozgása a Föld körül 2.
(Forrás: http://einstein.stanford.edu/content/education/EducatorsGuide/pics/spacetim.jpg)

Feladat: Milyen kapcsolat van egy mesterséges égitest területi sebessége ($c_t = \frac{1}{2}rv_\perp$, ahol $v_\perp$ a sebesség rádiuszvektorra merőleges komponense) és keringésből adódó perdülete között? (A tengelykörüli forgástól eltekintünk.)

Megoldás: $N = m\vec{r} \times \vec{v} = rv\sin\alpha = 2mc_t$

A műholdak mozgását példákban is megvizsgálhatjuk. A Mozaik Kiadó 9. osztályos fizika tankönyvében találhatunk ilyen példákat:

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 nagysága, és milyen az iránya?

2. A Hold közepes távolsága a Földtől 384 400 km, átmérője 3 476 km, (sziderikus: csillagokhoz viszonyított) keringési ideje 27,32 nap, és ezzel pontosan egyenlő a tengelyforgás ideje is.

   Mennyi a Hold Föld körüli forgásának fordulatszáma, átlagos kerületi sebessége és centripetális gyorsulása? Mennyi a Hold saját tengelye körüli forgásának fordulatszáma, legkülső pontjainak kerületi sebessége és centripetális gyorsulása?

Otthoni feladatként, laboratóriumi gyakorlatnak, vagy szakköri feladatnak is feladható a Föld forgásának vizsgálata csillagnyomok alapján.

Feladat: Ha egy éjszaka a fényképezőgépet az égi pólusra (ami a Sarkcsillaghoz közel esik) irányítjuk, és hosszabb ideig (minimum fél óra) exponálunk (megvilágítjuk a filmet), akkor a képen a csillagnyomok olyan körívek lesznek, melyek középpontja az égi pólus. Ha ezt a fényképet mérésre szeretnénk felhasználni, akkor kinyomtathatjuk, vagy kivetíthetjük, hogy minél nagyobb legyen.

1. Mi okozza a csillagnyomokat a filmen?

2. Mennyi a felvétel expozíciós ideje?

Megjegyzések: Egy csillag elmozdulását kell kimérni a felvételről, tehát az α szöget. Ehhez matematikai ismeretek is kellenek, ami a tantárgyak közötti koncentráció példája.

1. A csillagnyomokat a filmen a Föld forgása okozza.

2. A fényképről kimérjük az α szöget. Ezt megtehetjük úgy, hogy meghatározzuk a fénykép középpontját. Keresünk egy jól látszó csillagnyomot. Megmérjük az a és b értékeket (lásd 4. ábra). A koszinusz tételt alkalmazva kiszámoljuk az α-t: $a \approx 1,5$cm, $b \approx 1,9$cm.

4. ábra. Csillagnyomok az északi égi pólus körül. (A képen egy meteor nyom is látszik.)
(Forrás: http://www.astropix.com/HTML/I_ASTROP/I06/I0601/METEORST.JPG)

$$b^2 = a^2 + a^2 - 2aa\cos\alpha$$
$$\cos\alpha = \frac{b^2 - 2a^2}{-2a^2} = \frac{22{,}25 - 4}{4{,}5} = 0{,}11$$

Ebből az α szög $83{,}^\circ 62$. Egy arányosságot felállítva:

$$360^\circ : 24^{\mathrm{h}} = 83{,}^\circ 62 : x^{\mathrm{h}} \Longrightarrow x = 5{,}57^{\mathrm{h}}$$

Sokkal egyszerűbb megoldás, ha az α szög meghatározására a következő számítást végezzük el:

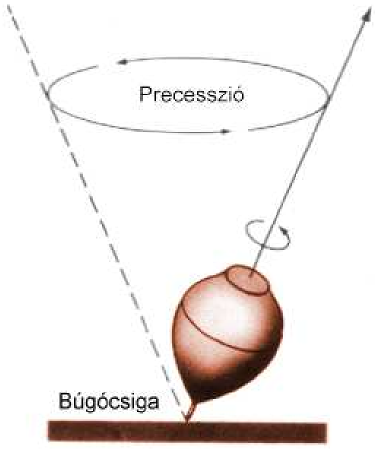
$$\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{\frac{b}{2}}{a}.$$

Ezzel a feladattal is egy általánosításra nyílik lehetőség, amellyel a tanult fizikai törvény egy új környezetben kerül alkalmazásra.

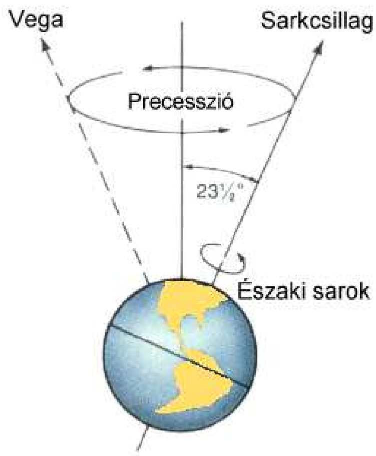
A Föld forgását tovább vizsgálva felmerülhet az a kérdés, hogy a Sarkcsillag marad-e a sarkcsillag, amíg világ a világ. A választ Öveges József adja meg a „Kísérletezzünk és gondolkodjunk” című könyvében.

Először végezzünk el egy egyszerű kísérletet: ferdén álló tengellyel pörgessünk meg egy korongot az asztalon. A ferdén álló korongot a Föld vonzása el akarja dönteni függőlegesen lefelé. Tudjuk, hogy a tengely nem az erő irányában (lefelé) fog elmozdulni, hanem arra merőlegesen, oldalt. Az új helyzetben megint oldalt tér ki, ezért kört ír le.

A korong helyett képzeljünk el egy ferdén álló gömböt a ferdén álló tengelyre erősítve. A Föld is egy ilyen, tengelye körül forgó búgócsiga. Jelenleg a forgó Föld tengelye az északi



5. ábra. A precesszió: búgócsiga.
(Forrás: http://www.sulinet.hu/tananyag/97410/on/mkm/abc/klima/precessz.htm)

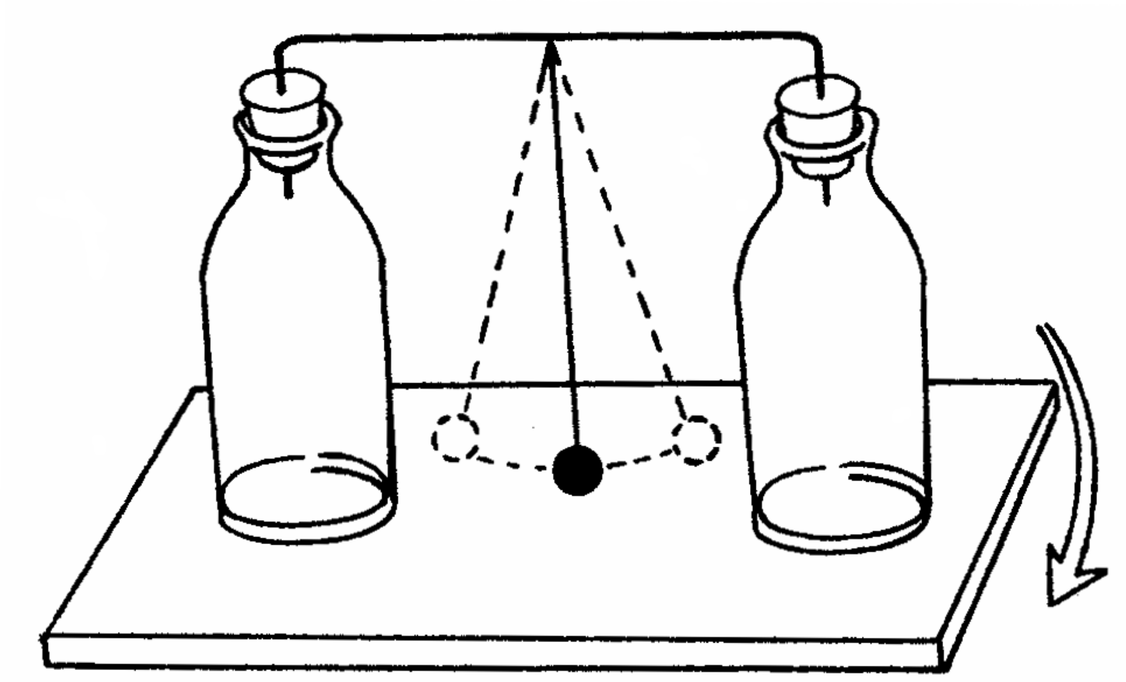


6. ábra. A precesszió: Föld.
(Forrás: http://www.sulinet.hu/tananyag/97410/on/mkm/abc/klima/precessz.htm)

Sarkcsillag felé mutat.

A Napnak és a Holdnak a Földre gyakorolt vonzása valóban meg akarja változtatni a Föld forgástengelyének irányát. Ennek az oka egyrészt az, hogy a Föld forgástengelye nem áll merőlegesen a Föld Nap körüli pályájának síkjára, másrészt pedig, hogy a Föld kissé lapult gömb. A Nap és a Hold vonzóereje ugyanis nagyobb a hozzájuk közelebb eső kidudorodó részére, mint az ellenkező oldalon fekvő távolabbira. Ezért a Nap és a Hold együttes hatása a pályára merőlegesre igyekszik állítani a tengelyt. Ennek következtében a Föld gondolatban meghosszabbított tengelyének mindkét vége épp úgy mozog az égre írt kör kerületén, mint ahogyan kísérletünkben a búgócsiga ferdén álló tengelyének vége is kör kerületén mozgott.

Ezek alapján a Föld tengelyének meghosszabbítása az égbolton egy teljes kört 26 ezer év alatt ír le. Ezért 12 ezer év múlva a Vega lesz a sarkcsillag.



7. ábra. Egyszerű kísérlet a Föld forgásának bizonyítására.
(Forrás: Öveges József: „Kísérletezzünk és gondolkodjunk”, Aranyhal Könyvkiadó, Budapest, 1998.)

3.1.2. Dinamika: tömeg és erő

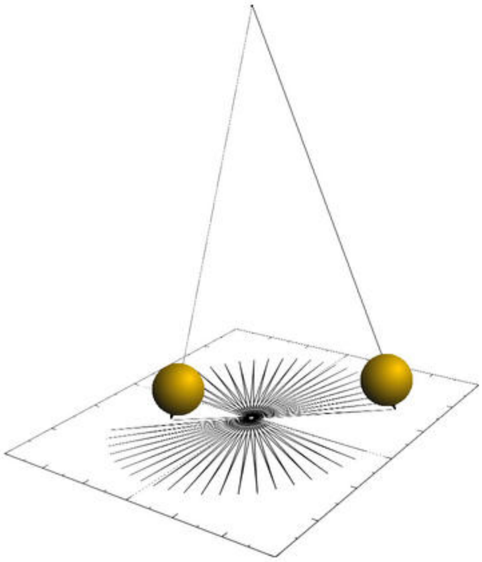
A tehetetlenség törvénye és az inerciarendszer

Az inerciarendszerek megértése nagyon fontos része a fizikának, hiszen történetileg az abszolút inerciarendszerek keresése vezetett sok új felismerésre a fizikában. Fizika szakkörökön sokkal részletesebben lehet foglalkozni a forgó inerciarendszerekkel.

Az inerciarendszereknél nem csak a Földet szokás inerciarendszernek használni, hiszen a Föld egy forgó koordináta-rendszernek is tekinthető. A Föld forgását a Foucault-inga segítségével tudjuk bebizonyítani. A Földhöz rögzített koordináta-rendszerből nézve az inga síkjának elfordulása a Coriolis-erő következménye.

Egyszerű kísérlettel bebizonyítható, hogy a Föld forog. A kísérlet eredeti leírása Öveges József „Kísérletezzünk és gondolkodjunk” c. könyvében található meg. Vegyünk két egyforma üres üveget, amelynek a teteje átszúrható. Az 50 cm hosszú alumínium drót két meghajlított végeit szúrjuk be a dugókba. Ezt tegyük egy rajztáblára, amelyet elforgatunk majd később. Ezután függesszünk fel cérnaszálon a drótra egy súlyt. A súly lehetőleg sima felületű és gömb alakú legyen (pl. homokkal töltött ping-pong labda), hogy a lengés közben a levegő ellenállása egyenletesen hasson minden oldalára, és ne térítse néhány lengés után oldalra az ingát.

Hozzuk az ingát a keret síkjába eső lengésbe, és figyeljük meg, hogy a szoba melyik



8. ábra. A Foucault-inga trajektóriája a lengés során.
(Forrás:
http://www.gothard.hu/astronomy/astroteaching/Foucault-pendulum/Foucault-pendulum.html)

része felé leng.

Ha az állvány nyugalomban van, az inga lengésiránya hosszabb idő múlva sem változik meg, mindig abba az irányba leng, amelyben elindítottuk.

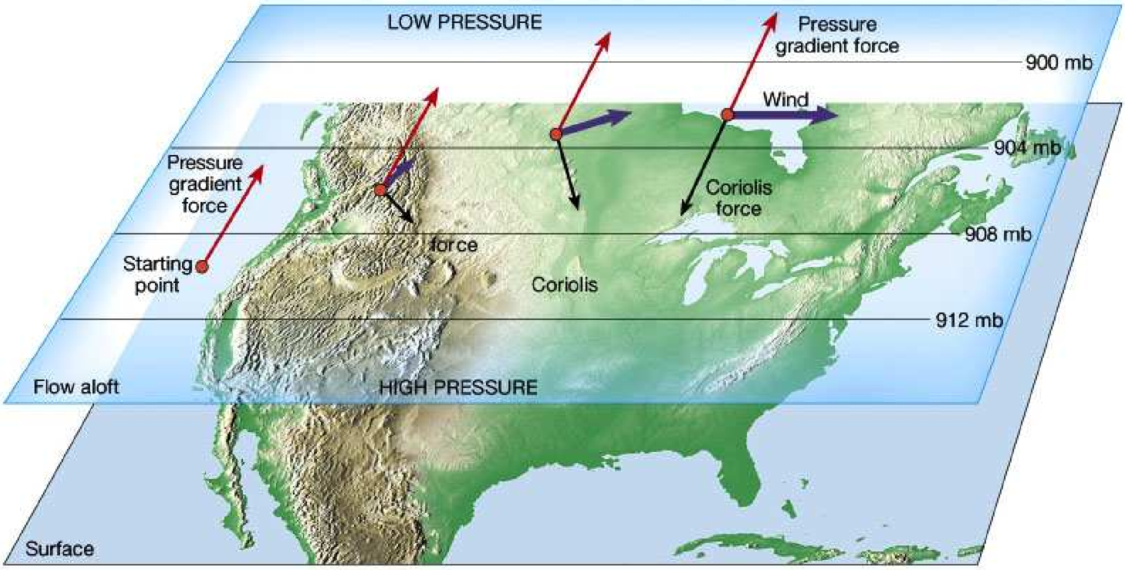
Forgassuk el a rajztáblát, vele együtt elfordul az állvány is. Az elforgatott állványhoz képest megváltozik az inga lengésiránya.

A Föld forgásával kapcsolatosan fontos tisztán látni, mik a bizonyítékok a Föld forgására, és mik a következmények. Ezt tesztkérdésként lehet visszakérni a diákoktól. A Föld forgásának bizonyítéka a Foucault-inga kísérlet. A következmények pedig például a folyók és a szelek eltérülése, a szabadon eső testek kelet felé eltérülése (az Északi féltekén), a Föld lapult alakja. A szeleket a Coriolis-erő görbíti meg, ami a Föld forgása miatt lép fel.

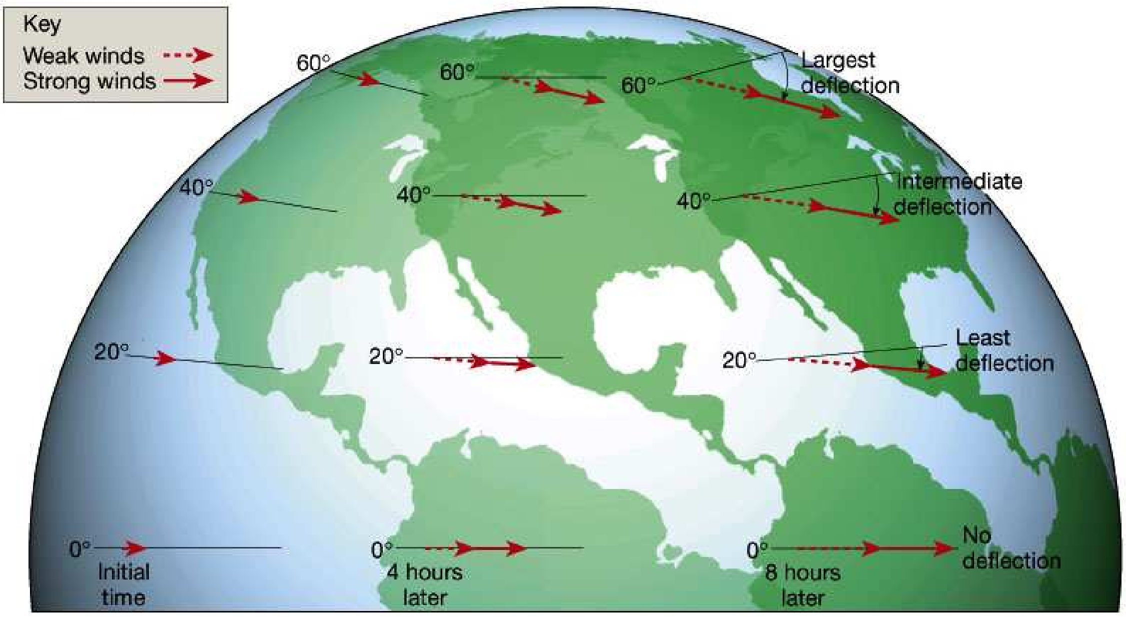
Nem csak a Földhöz lehet rögzíteni inerciarendszert, hanem a Naphoz, a csillagokhoz is.

A tömeg fogalma

A test tehetetlenségének a mértéke a tömeg. Ez mindig jellemezni fogja a testet, viszont ez nem igaz a test súlyára. A testek súlya nem állandó, hanem változik a rá ható vonzóerőtől függően. Például 1 liter víz súlya a Földön 10 N. A Holdon ez ennek a súlynak az 1/6-a, a Napon pedig 28-szor akkora. (Öveges J., 1998.)



9. ábra. A Coriolis-erő hatása a szelekre a Földön 1.
(Forrás: http://www.ux1.eiu.edu/ cfjps/1400/pressure_wind.html)



10. ábra. A Coriolis-erő hatása a szelekre a Földön 2.
(Forrás: http://www.ux1.eiu.edu/ cfjps/1400/pressure_wind.html)

Égitest	Tömeg [M_F]	Térfogat [V_F]	Sűrűség [g/cm^3]
Merkúr	0,055	0,056	5,44
Vénusz	0,815	0,858	5,25
Föld	1,000	1,000	5,52
Mars	0,107	0,152	3,94
Jupiter	317,90	1338	1,33
Szaturnusz	95,16	766	0,70
Uránusz	14,54	60,4	1,27
Neptunusz	17,20	56,9	1,67
Plútó	0,002	0,006	2

1. táblázat. A Naprendszer égitestjeinek adatai.

A sűrűség

A sűrűség fogalmát érdemes tágabb látókörbe helyezni, ehhez az égitestek sűrűségei alkalmasak. Ennek a témakörnek a részletes kielemzése nagyban segíti a diákok gondolkodását, hiszen egy ismert dolgot alkalmaznak egy új helyzetben és a levonható következtetések nagyon lényegesek. Például nem mindegy, hogy egy bolygó gázból, vagy szilárd anyagból áll. Ugyanígy az üstökösök is kicsi, piszkos hógolyóként kezelhetők, pedig nagyon látványosak.

A sűrűségét nem csak a Földön levő tárgyaknak tudjuk megállapítani, hanem az égitesteknek is. A mérés hasonló, csak tudni kell az égitest tömegét és térfogatát, amik meghatározása külön-külön sem egyszerű feladat. Ha meg tudjuk határozni egy égitest tömegét, akkor következtetni tudunk az összetételére is, hiszen egyes anyagoknak specifikus sűrűségük van.

Az 1. táblázatban a Naprendszer égitestjeinek tömegét, átmérőjét és sűrűségét tüntettem fel. Az órán bármelyiket lehet kombinálni. Az égitestek sűrűsége elárulja nekünk, milyen összetételűek lehetnek. Ezeket a példákat egyenként, vagy akár egyet-kettőt kiragadva érdemes részletesebben megtárgyalni órán.

Megjegyzés: A csillagászatban a Naprendszer leírásánál szokás alapegységnek választani a Föld adatait, így nem kell hatalmas számadatokkal dolgozni, és a Földdel való összehasonlításkor könnyebben alkotunk képet a valóságról. A csillagok vizsgálatánál a Nap adatait vesszük egységnek.

Lendület, lendület-megmaradás.

A természettudományos világszemlélet, az absztrakció például a következő feladattal alakítható ki. (A feladatot a „Gimnáziumi összefoglaló feladatgyűjtemény”-ből vettem át.)

Feladat: Néhány száz évvel ezelőtt a tudósok heves vitákat folytattak arról, hogy a napközéppontú vagy a földközéppontú világrendszer-e a helyesebb. Mi indokolta mai szemmel nézve a napközéppontú világrendszer elfogadását?

Válasz: Tekintsük a Nap–Föld rendszert zártnak, azaz hanyagoljuk el a többi bolygó hatását. Ebben a rendszerben az összimpulzus (összlendület) állandó. Ha most még tömegközépponti rendszert is választunk, akkor ez az összimpulzus éppen zérus, azaz a Nap impulzusa a Föld impulzusával megegyező nagyságú, de ellentétes irányú. Mivel a Nap tömege jóval nagyobb a Földénél, a rendszer tömegközéppontja szinte a „Napba” esik, így a Föld sebessége jóval nagyobb a Napénál, vagyis a Föld kering a Nap körül. Másként fogalmazva: a Föld nem inerciarendszert jelöl ki, a Nap viszont – a fenti meggondolás szerint jó közelítéssel – igen.

Erő–ellenerő. A kölcsönhatás.

Ha az erő–ellenerő szemléltetésre keresünk példát a csillagászatban a rakéták mozgása merül fel. Órán be lehet mutatni egy egyszerű kísérletet, amelynél a tanárnak kell időt fordítania az előkészítésére. Egy klasszikus kísérlet módosított változatát mutatom be.

A rakéta-elv

Motiváció: Ha egy légömböt felfújunk és elengedjük a száját, akkor a léggömb elrepül az egyik irányba, és közben a levegő kiáramlik a másikba. Ugyanez a fizikai törvény viszi az űrbe a rakétákat. Nézzük meg egy kísérlet segítségével a jelenséget.

A 11. ábrán egy valódi hordozó rakétát látunk a fellövés pillanatában. Csináljunk egy saját „mini” rakétát.

1. Kísérlet: Feszítsünk ki egy erősebb zsineget a padló és a mennyezet közé. (A biztonság kedvéért jobb ha vékony, merev acéldrótot használunk. A felerősítésnél válasszunk egy olyan kapocs megoldást, amit szét lehet csatolni ha nem használjuk, viszont biztonságos.) Erre erősítsünk egy platformot, ami elég erős, hogy megtartsa a szódás-patront, és az ütközésektől nem törik el. A meghajtást egy szódás-patron biztosítja. Ezt fixaljuk a platformra, úgy hogy cserélhető legyen. Kartonból csináljunk egy rakéta alakzatot, esetleg fessük is ki, és erősítsük a platformra a patront. A rakéta elejére és végére erősítsünk ütközésgátlókat, hogy ne törjön szét, ha eléri a mennyezetet. Óvatosan szúrjuk ki a szódás patront, és a rakétánk már repül is.

Megjegyzés: Bár a kísérlet első elkészítése sok időt igényel, mégis úgy gondolom, a diákok számára nagyon látványos, és érdeklődést felkeltő.

Ezek után nézzünk gondolkodtató példát erre a jelenségre vonatkozóan.

Feladat: Működik-e a rakétahajtómű légüres térben?

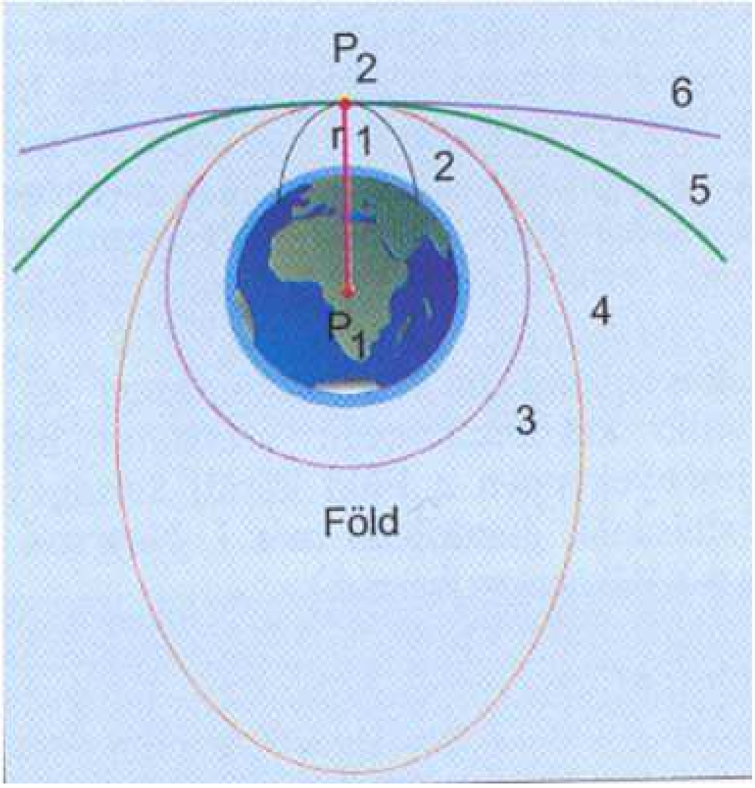
Megoldás: A rakéta működése nincs levegőhöz kötve. A levegő csak akadályozza a rakéta mozgását. Légüres térben a kiáramlási sebesség is nagyobb.

11. ábra. A Saturn V hordozórakéta fellövésének pillanata.
(Forrás: http://www.nasa.gov/centers/glenn/images/content/84025main_skylab1.launch.jpg)

A nehézségi és a Newton-féle gravitációs erőtörvény. A bolygók mozgása

Ezek a témakörök részletes feldolgozásra kerülnek a fizika tananyagán belül, ezért nem írom ki a részleteket. Ha az óra során a diákok nagy érdeklődést mutatnak a témakör iránt, és az órán marad idő, akkor ott, vagy akár a tanórán kívüli tevékenységek keretein belül néhány érdekességet lehet megemlíteni.

Érdekesség, kiegészítés: Az űrkutatás fejlődésének kezdetén az amerikai űrkutatási központ nagyon sok dollárt költött arra, hogy kifejlesszenek egy golyóstollat, amivel az űrben is tudnak írni az űrhajósok. Miért volt erre a fejlesztésre szükség? Az űrben nem hat a nehézségi erő – súlytalanság állapota lép fel. A golyóstoll működéséhez viszont szükség van a nehézségi erőre, mert különben a tinta nem fog kifolyni belőle. Az űrben minden folyadék felveszi az ideális alakzatot (gömb), és úgy marad, ha semmi sem hat rá. A tintával is ez történik. Végül sikerült kifejleszteni egy olyan tollat, amivel a súlytalanságban is lehet írni. Az oroszországi űrkutatási szakértők viszont egy sokkal egyszerűbb megoldást választot-



12. ábra. Kozmikus sebességek.
(Forrás: http://www.enc.hu/1enciklopedia/fogalmi/csillag/kozm_seb.htm)

tak (nagyon kevés pénzből): az űrhajósaik egyszerű ceruzával írtak. A ceruzában levő szén nyomás hatására válik le, és megmarad a papírfelület üregeiben.

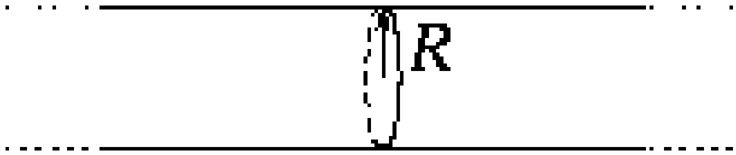
Kozmikus sebességek

Ahhoz, hogy egy űreszköz elhagyja a Földet, megfelelő sebességre kell gyorsítani. Ha ez nem történik meg, akkor egy ellipszis-pálya mentén belecsapódik a Föld felszínébe. Az első kozmikus sebesség az a sebesség, amelyre fel kell gyorsítanunk a rakétát, ha azt akarjuk, hogy Föld körüli pályán keringjen. Ez a sebesség 7,9 km/s. Ahhoz, hogy már ne keringjen a Föld körül, a végtelenbe kell eltávoznia parabola pályán. Ehhez 11,2 km/s-os sebességgel kell rendelkeznie az űreszköznek. Ez nem csak az űreszközökre vonatkozik, hanem a Föld légkörének molekuláira is. Azok is képesek „elszökni” parabola-pálya mentén.

Ezt a feladatot kifejezetten szakköri munkára ajánlom. A feladatot a KöMaL 2001. áprilisi számában közölte Horányi Gábor, Budapestről.

Feladat: Nevesincs csillag egyik bolygója hosszú, henger alakú. A bolygó átlagsűrűsége ugyanakkora, mint a Földé, sugara is megegyezik a Föld sugarával, tengelyforgási ideje pedig éppen 1 nap.

1. Mekkora az első kozmikus sebesség ennél a bolygónál?



13. ábra. Ábra a feladathoz.
(Forrás: http://www.komal.hu/verseny/2001-04/fiz.h.shtml)

2. A bolygó felszíne felett milyen magasan keringenek az ottani távközlési szinkron-műholdak?

3. Mekkora a második kozmikus sebesség ennél a bolygónál?

Megoldás: Egy nagyon („végtelenül") hosszú henger körül a gravitációs erőtér henger-szimmetrikus, és mindkét végtől távol radiális, azaz a tengelyre merőleges. A gravitációs erőtörvény és a Coulomb-törvény analógiáját felhasználva megállapíthatjuk, hogy egy m tömegből kilépő erővonalak száma (azaz a gravitációs gyorsulás és a rá merőleges felület szorzata) $4\pi f m$. Eszerint egy L magasságú, r sugarú henger palástján kilépő g-vonalak száma és a hengerben található tömeg kapcsolata:

$$g 2r\pi L = 4\pi f R^2 \pi D \rho,$$

azaz

$$g(r) = \frac{2\pi f R^2 \rho}{r}.$$

a) A fenti erőtörvény szerint a körpályán keringés sebessége a sugártól független, így a bolygó felszínén is

$$v = \sqrt{2 f R^2 \pi \rho},$$

tehát a bolygón ez az első kozmikus sebesség. Ez a Földre érvényes $v_F = \sqrt{4R^2 \pi f q \frac{\rho}{3}} =$ 7,9 km/s értéknél $\sqrt{3/2}$-szer nagyobb, mintegy 9,7 km/s.

b) Az r sugarú pályán a keringési idő $T_r = \frac{2\pi r}{v}$, tehát ha egy nap T_0 hosszú, a szinkron-műhold pályasugara

$$r_{0,F} = \frac{T_0 v}{2\pi} = R\sqrt{\frac{T_0^2 f \rho}{2\pi}}.$$

A Föld esetében ez a távolság $r_{0,F} = R\sqrt[3]{T_0^2 f \frac{\rho}{3}\pi}$, azaz

$$r_0 = \sqrt{\frac{2r_{0,F}^3}{3R}} \approx 1,33 \cdot 10^8 m.$$

A távközlési szinkron-műholdak tehát $r_0 - R = 1,27 \cdot 10^8 m = 127000$ km (összehasonlítva a Földnél ez 36000 km) magasan keringenek a hosszú, henger alakú bolygó felszíne felett.

c) A második kozmikus sebesség, azaz a bolygóról való szökési sebesség nagyon nagy, hogy pontosan mekkora, az a bolygó hosszától függ. Végtelen hossz esetén a szökési sebesség is végtelen nagy, egy r^{-1}-es erőtérből ugyanis nem lehet megszökni. Ennek belátására tekintsük a távolságoknak egy mértani haladvány szerint növekvő sorozatát: $r_n = \alpha^n r_0$ ($\alpha > 1$ és mondjuk $r_0 = R$). Az r_{n-1} magasságból az r_n magasságba való feljutáshoz szükséges $E(r_{n-1} \to r_n)$ energia független az n-től: ahogy n nő, amennyire csökken az erő, annyira nő az út. Végül is az r_0 magasságból az r_N magasságba való feljutáshoz $E(r_0 \to r_N) = NE(r_0 \to r_1)$ energia kell. Már ebből is látszik, hogy véges energiával csak véges magasságra lehet feljutni. (Ugyanez integrálszámítással is belátható.)

Ha a bolygó nem végtelen hosszú (a hossza mondjuk H), akkor amíg a végeitől távol vagyunk, és $r \ll H$, addig az erőtörvény $1/r$-es, de ha már $r \simeq H$, az erőtörvény jellege megváltozik, és $r \gg H$ esetén a megszokott $1/r^2$-es lesz. Egy ilyen bolygóról már véges nagyságú kezdősebességgel indulva is meg lehet szökni, csak az $r \gg H$ magasságba való feljutáshoz szükséges energia „megdobja" a költségeket. (Integrálszámítás segítségével belátható, hogy a második kozmikus sebesség az első kozmikus sebességnek kb. $\sqrt{2} \cdot \ln(H/R)$-szerese. Ez a faktor még $H \gg R$ esetén sem túlságosan nagy (pl. $H = 10$ R-nél v_{II}/v_I kb. 3, és $H = 1000$ R-nél sem nagyobb 10-nél).

3.1.3. A forgómozgás dinamikai vizsgálata

Tehetetlenségi nyomaték, perdület (impulzusmomentum), forgatónyomaték

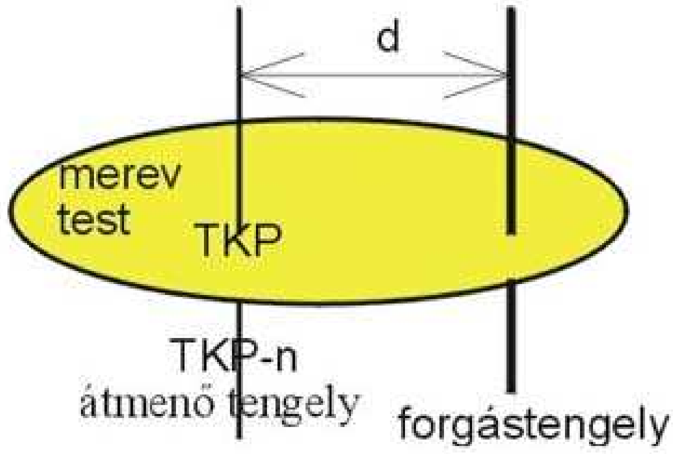
A tehetetlenség, a perdület és a forgatónyomaték kiegészítő anyagrészként szerepelnek a tankönyvben, ezért csak szakköri foglalkozáson lehet részletesebben foglalkozni az ide kapcsolódó problémákkal. Mégis, ezek a jelenségek nagyon nagy szerepet játszanak a csillagászatban, a csillagmodellekben, és a bolygórendszerek kialakulásának elméleteiben.

A tehetetlenségi nyomaték általános jellemzője a forgó testeknek. Ez okozza a forgó égitestek (Föld és a többi bolygó, a Nap és a csillagok általában) lapultságát.

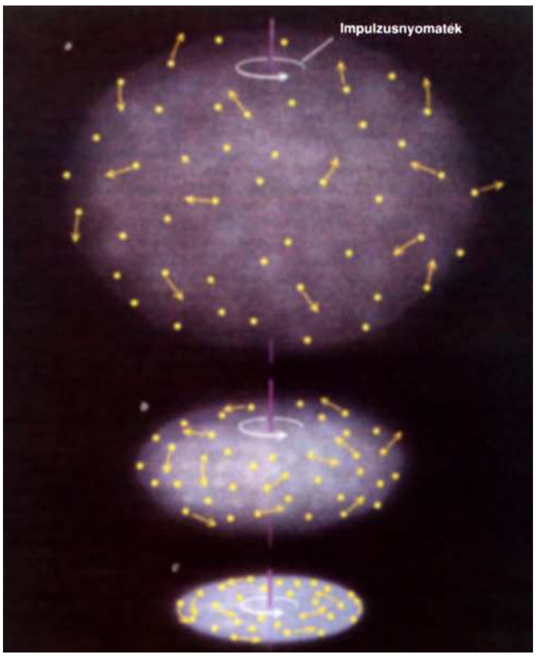
Az impulzusnyomaték megmaradása adja az összehúzódó gáz- és porfelhőnek a protocsillag kialakulásakor a lapult korong formáját. Amikor a gravitáció összehúzza a kezdeti porfelhőket, amelyből később kialakul a központi csillag és a bolygórendszer, akkor a 15. ábrán látható elrendezést képzelhetjük el.

A forgatónyomaték úgy is felírható, mint a perdület változás osztva a közben eltelt idővel. Általánosan igaz, hogy a rögzített tengelyen forgó merev test akkor van egyensúlyban, ha a testet érő erőhatások forgatónyomatékainak (előjeles) összege nulla: $M_1 + M_2 + \cdots + M_n = 0$. Erre nézzünk egy Eötvös-verseny példát 1979-ből.

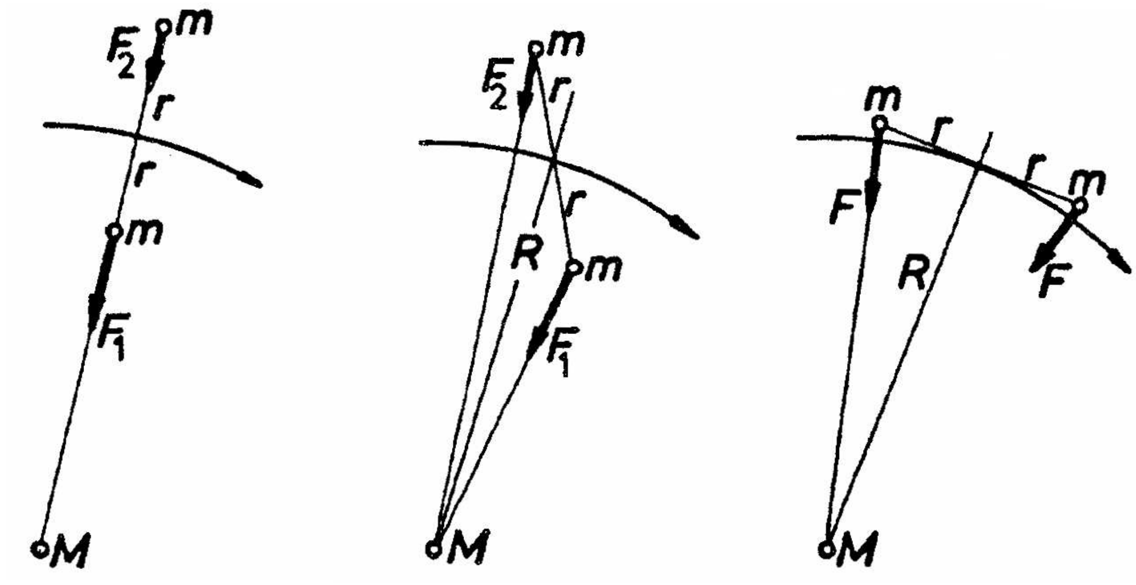
Feladat: Egy súlyzó alakú űrállomás körpályán kering a Föld körül. (Hajtóműveit nem



14. ábra. A tehetetlenségi nyomaték.
(Forrás: http://www.sulinet.hu/tovabbtan/felveteli/2001/4het/fizika/fizika4.html)



15. ábra. Impulzusnyomaték 1.
(Forrás: http://astro.u-szeged.hu)



16. ábra. Feladat ábrája.
(Forrás:Vermes Miklós: „Eötvös-versenyek faladatai I. 1959-1988”, TypoTeX, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1997.)

működteti.) Az űrállomás tengelye milyen helyzetben maradhat meg változatlanul a mindenkori pályasugárhoz képest?

Megoldás: Először helyezzük el az űrállomást a keringés síkjában a rádiuszhoz képest ferde szögben. A közelebbi tömegre ható F_1 erő nagyobb, mint a távolabbi tömegre ható F_2 vonzóerő, azonkívül F_2 erőkarja is kisebb. A keletkező eredő forgatónyomaték elfordítja az űrállomást.

Ha a súlyzó tengelye a rádiusz irányában fekszik, akkor nincs eredő forgatónyomaték. Ez stabilis egyensúlyi helyzet, kibillenés esetén az eredő forgatónyomaték a tengelyt a rádiusz irányába forgatná. Ebben az egyensúlyi helyzetben a gravitációs erő szolgáltatja a körmozgáshoz szükséges erőt:

$$\frac{\gamma mM}{(R-r)^2}+\frac{\gamma mM}{(R+r)^2}=m\omega_1^2(R+r)+m\omega_2^2(R-r).$$

Ebből következik a szükséges szögsebesség:

$$\omega_1^2=\frac{\gamma M}{R}\cdot\frac{1+(\frac{r}{R})^2}{(1-(\frac{r}{R})^2)^2}\approx\frac{\gamma M}{R^3}(1+3(\frac{r}{R})^2)+\cdots).$$

Elhelyezzük az űrhajót a körpálya érintőjében is. Ez is egyensúlyi helyzet, mert az eredő forgatónyomaték nulla, de labilis, mert a legkisebb kimozdítás átviszi a stabilis helyzetbe.

Ebben a labilis egyensúlyi helyzetben az erők egyensúlya:

$$\frac{\gamma m M}{R^2 + r^2} = m\omega_2^2\sqrt{R^2 + r^2}.$$

A hozzá tartozó szögsebesség:

$$\omega_2^2 = \frac{\gamma M}{R^3}\frac{1}{(1+(\frac{r}{R})^2)^{3/2}} \approx \frac{\gamma M}{R^3}(1+\frac{3}{2}(\frac{r}{R})^2)+\cdots).$$

Ez a szögsebesség kisebb, mint amely a stabilis helyzethez tartozik.

Ugyanez a meggondolás akkor is érvényes, ha az űrhajó tengelye nem fekszik a keringés síkjában.

A Mars Fobosz nevű, hosszúkás formájú holdja is úgy kering, hogy hossztengelye a Mars felé mutat. És minden kötött keringésű holdnál is ez az effektus érvényesül.

3.1.4. Mechanikai rezgések és hullámok

A mechanikai rezgések és hullámok vizsgálatánál a külső körülményeket figyelembe kell vennünk, és tudatosítanunk kell a diákokban, hogy a rezgőmozgásoknak milyen korlátozó tényezői vannak. Továbbá fontos új környezetbe helyezni a jelenségeket, hogy a tanulók absztrakciós képességei is fejlődjenek.

Kérdés: Milyen órát vigyen magával egy űrhajós? (Öveges J. , 1998.)

Válasz: Az ingaóra függ a gravitációs vonzóerő nagyságától, tehát másképp leng a Föld különböző részein és a lengésideje függ a magasságtól is. Ezért mindig pontosítani kell a járását. A karórában hajszálrugó végez rezgőmozgást, amely mozgását csak a rugóállandó fogja szabályozni és nincs köze a Föld vonzóerejéhez. Tehát rugós órát vigyen magával az űrhajós. Manapság már nagyrészt nem ilyet használnak, hanem kvarzórát.

Érdekességek:

1. Ha egy fonálingát a Holdra viszünk, akkor azt tapasztaljuk, hogy megváltozik a lengési ideje a Föld felszínén tapasztaltakhoz képest, hiszen a Hold vonzóereje sokkal kisebb, mint a Földé.

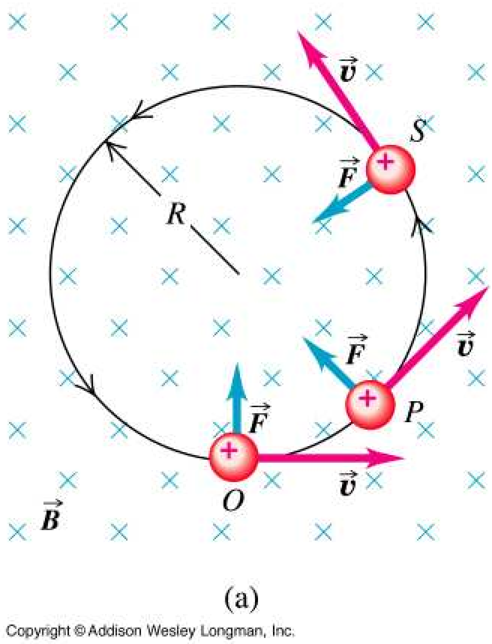
2. Ismeretes, hogy a hangot mechanikai hullámok terjedése okozza egy közegben. Ha az űrben vagyunk, akkor mit hallunk? A válasz az, hogy semmit, hiszen az űrben vákuum van, nincs közeg, amiben terjedne a hang. Sok fantasztikus filmben viszont ezt figyelmen kívül hagyják a készítők, félrevezetve az embereket.

3.2. 10. tanév: Elektromosságtan, optika

3.2.1. Elektromosságtan

A mágneses mező hatása mozgó töltésekre

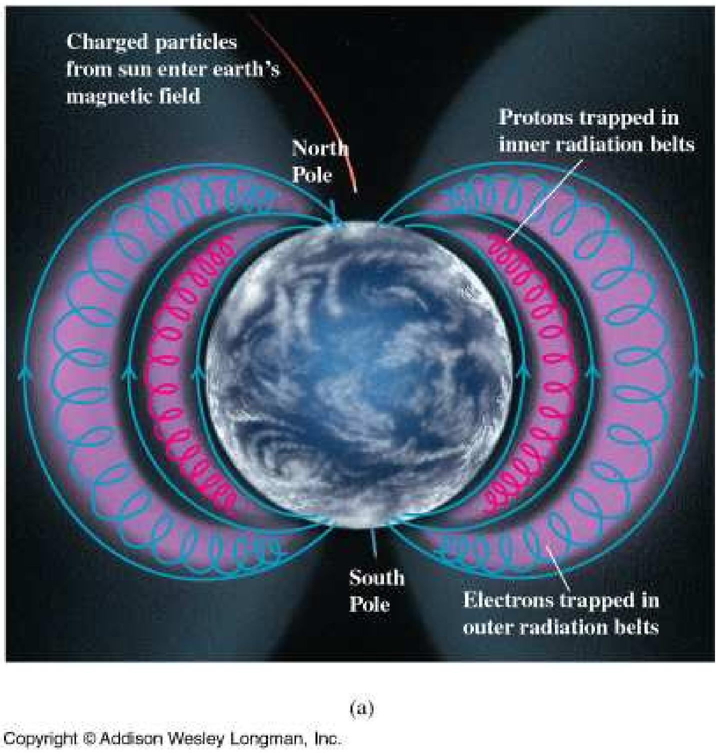
A fizika órákon megszerzett ismereteket széles körben kell tudni alkalmazni. Az órán bemutatottak csak egy része azoknak a területeknek, ahol a megismert törvényeket alkalmazhatjuk. Ez az elektromosságtanra is igaz. Nézzük meg milyen új környezetben alkalmazhatók a mágneses mezőre vonatkozó ismeretek.



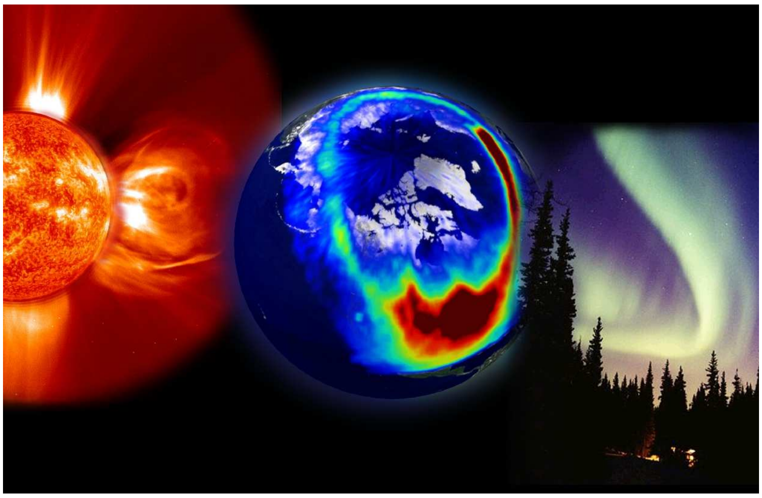
17. ábra. A Lorentz-erő.
(Forrás:
http://www.physics.sjsu.edu/facstaff/becker/physics51/images/28_13A_Orbit_in_B_field.jpg)

A mágneses mező által a mozgó töltésekre kifejtett erőt Lorentz-erőnek nevezzük (lásd 17. ábra: $\vec{F} = Q(\vec{v}x\vec{B})$). A Lorentz-erő mindig merőleges a sebességre, a sebesség nagyságát nem változtatja, csak az irányát (Jurisits J., Szűcs J., 2004.). Ez az az erő, amely a napkitöréskor a Napból jövő részecskék pályáját is megváltoztatja. A Föld mágneses tere a részecskéket a mágneses vonalak mentén spirális pályán a földi légkörbe viszi. Itt ionizáció révén jellegzetes fényjelenséget hoznak létre, amit sarki fénynek nevezünk. Ez a jelenség a Földön mind az északi, mind a déli féltekén látható, a pólushoz közel. Ha nagyon erős a részecske áramlat, akkor a sarki fényt akár Magyarország területéről is lehet látni.

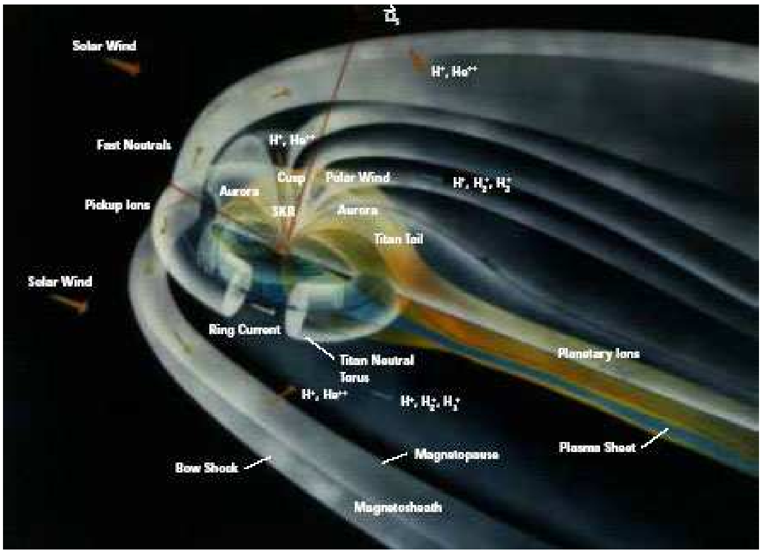
Mágneses mezőket a Naprendszerben sok helyen találhatunk. A bolygókat körülvevő mágneses teret magnetoszférának nevezzük. A Napból származó napszél elnyúlt könnycsepp alakzatot hoz létre a magnetoszféra alakjában. A Föld körül úgynevezett van Allen övek



18. ábra. A van Allen-övek a Föld körül.
(Forrás:
http://www.physics.sjsu.edu/facstaff/becker/physics51/images/28_16A_Van_Allen_belts.jpg)



19. ábra. Sarki fény a Földön.
(Forrás:
http://a1259.g.akamai.net/f/1259/5586/1d/images.art.com/images/PRODUCTS/large/10106000/10106254.jpg)



20. ábra. A Szaturnusz magnetoszférája.
(Forrás: http://www.newsdesk.umd.edu/images/Cassini/SolarWind.jpg)

vannak, amelyben csapdázódnak a töltött részecskék. A megfigyelések szerint a Naprendszer többi bolygója is rendelkezik magnetoszférával.

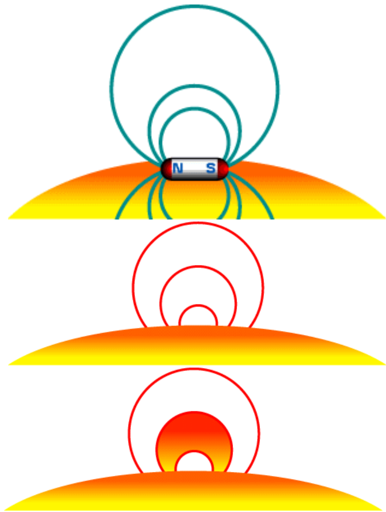
A napfoltok, a Nap mágnesessége

A Napunk nagyon erős mágneses térrel rendelkezik. A mai napig nem tudjuk pontosan leírni, hogyan befolyásolja a mágneses tér a Napon megfigyelt jelenségeket, például a napkitöréseket. A napfizika feladatai közé tartozik ezen jelenségek modellezése. A Nap felszínen megfigyelhető mágneses vonalak hasonlóak egy rúdmágneséhez (21. és 22. ábrák). A napfoltok mágneses terét vizsgálva kimutatták, hogy az itt keletkező erős tér mindig két pólusú. Ez a mágneses tér képes befolyásolni a forró gáz mozgását, így jönnek létre anyag-hurkok a Napon, amiket megfigyelhetünk, legjobban a röntgen tartományban.

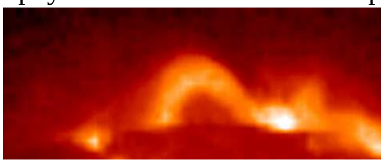
Elektromágneses hullámok

Az elektromágneses színképtartomány széles hullámhossztartományt foglal magában. Ebből csak egy nagyon keskeny részt látható az emberi szem számára, 400 és 800 nm között.

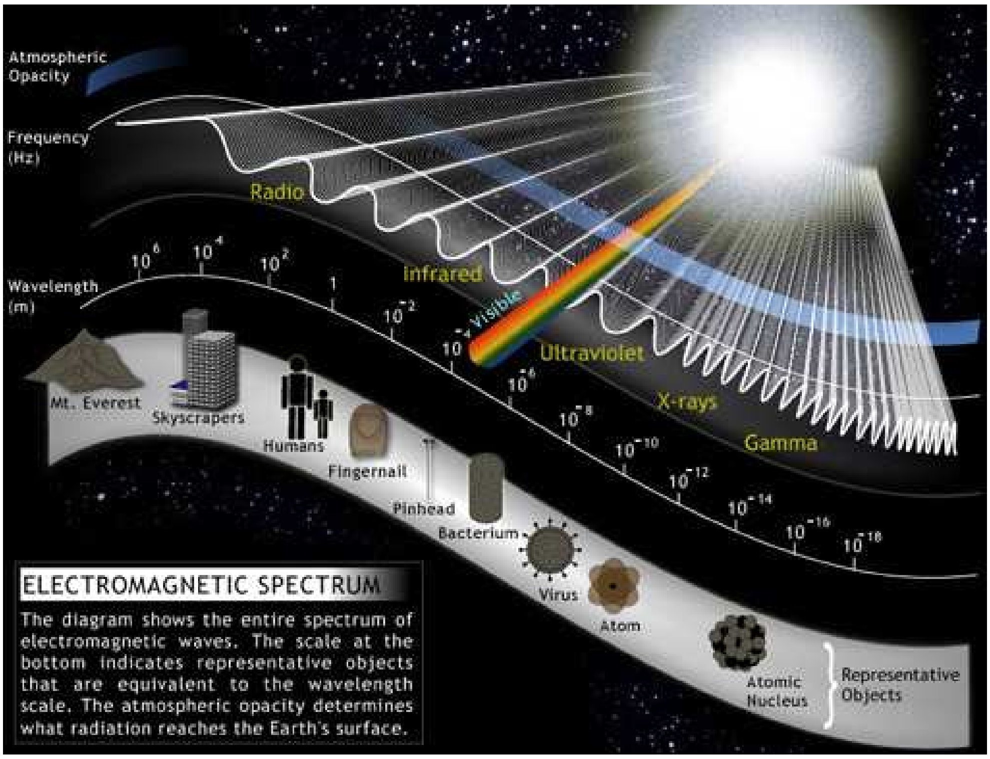
Az elektromágneses hullámok egy része nem tud átjutni a földi légkörön. Amikor csillagászati megfigyeléseket végzünk, akkor nagyon fontos jól ismerni a légkört ilyen szempontból, hiszen az űrből minden hullámhosszon érkezik információ. Ugyanakkor a légkör eme tulajdonsága nyújt védelmet a földi élet számára az űrből jövő káros sugárzás ellen.



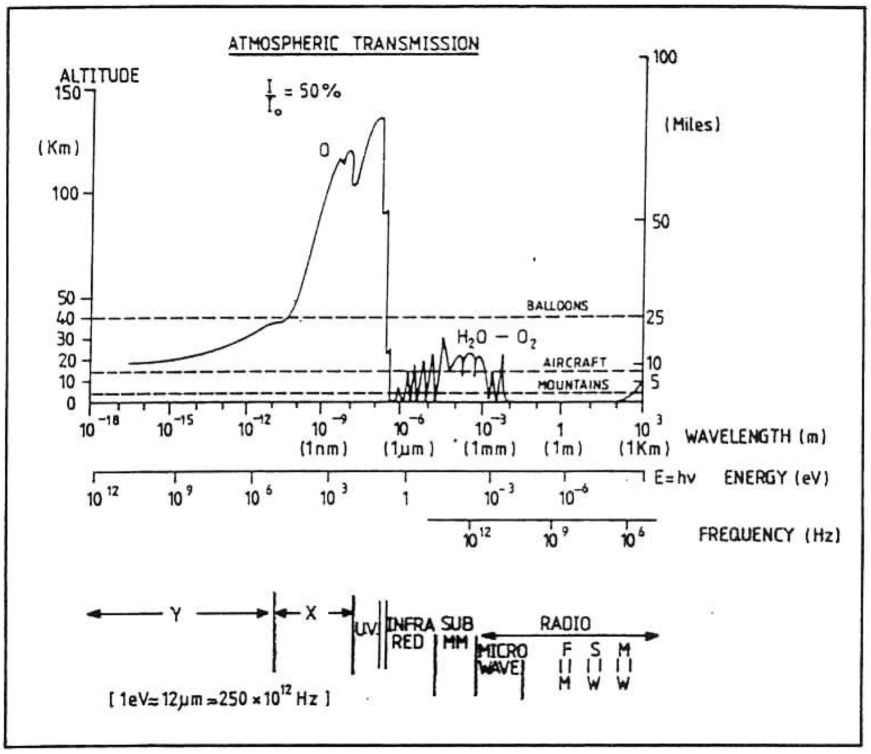
21. ábra. Mágneses hurok a Napon.
(Forrás: http://solar.physics.montana.edu/YPOP/Spotlight/Magnetic)



22. ábra. Mágneses hurok a Napon – a valóságban (Yohkoh műhold).
(Forrás: http://solar.physics.montana.edu/YPOP/Spotlight/Magnetic)



23. ábra. Az elektromágneses hullámok.
(Forrás: http://ds9.ssl.berkeley.edu/LWS_GEMS/2/espec.htm)



24. ábra. A földi légkör áteresztése.

Az űrtávcsövek: röntgencsillagászat, γ-csillagászat, IR- és UV-csillagászat

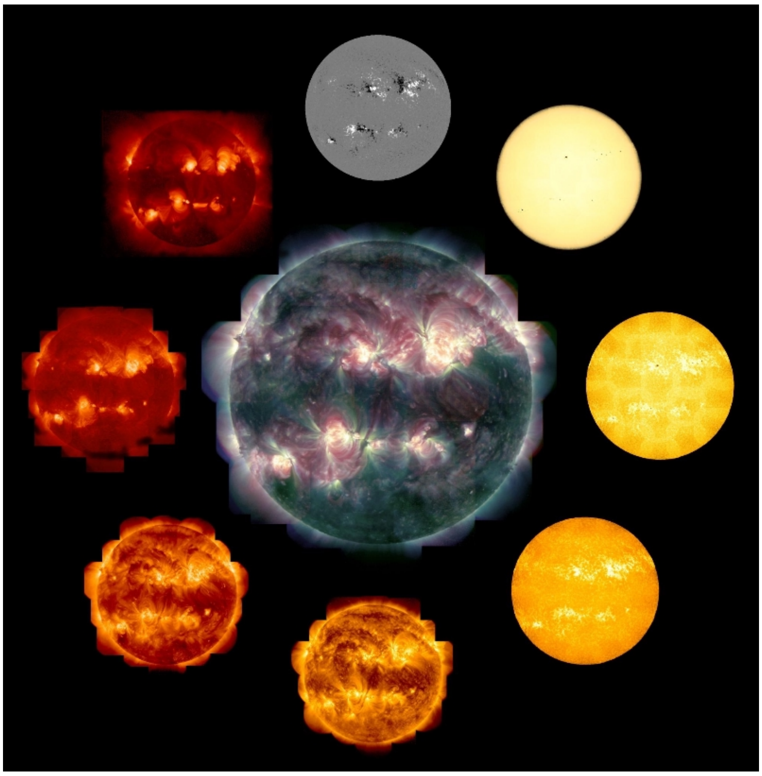
Az elektromágneses hullámok nagyon sok információt hordoznak távoli objektumokról a látható színképtartományon kívül is. A csillagászat ezen területei az űreszközök fejlődésével párhuzamosan alakultak ki. A földi légkör ezekben a tartományokban jelentősen elnyel, ezért az ilyen tartományokban észlelő műszereket a légkörön túlra kell juttatni. A 25. ábrán a Nap látható különböző hullámhosszakon.

Radar alkalmazása a csillagászatban

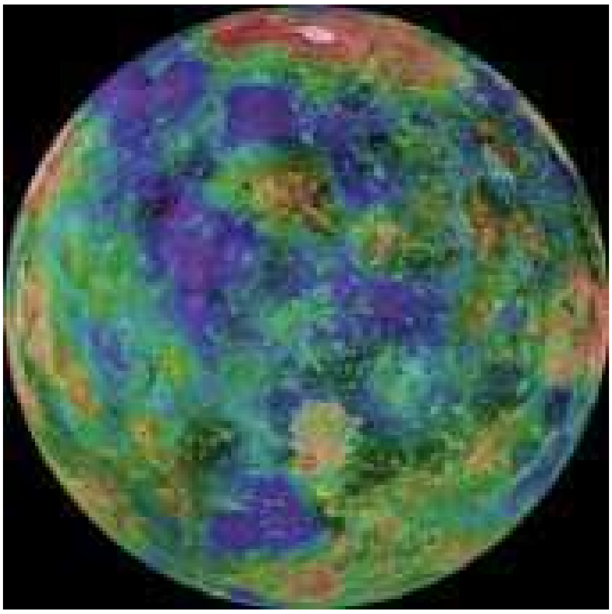
A radar működése azon alapul, hogy centiméteres rádióhullámokat bocsátunk ki, azok visszaverődnek különböző tárgyakról, így láthatóvá válnak a számunkra. A radart a csillagászatban is alkalmazzák. Bay Zoltán az elsők között mérte ki ilyen technikával a Hold távolságát (1946 februárjában). Radarral meg lehet mérni a bolygók pontos forgási periódusát, valamint a Vénusz sűrű, átláthatatlan légköre alatt levő felszínt is radar segítségével térképezték fel a csillagászok (26. ábra).

Nézzünk meg a radar alkalmazását egy konkrét számításos példában.

Feladat: A Holdat a Földről radarimpulzusokkal sugározták be. Az elektromágneses hullám a Holdról visszaverődve 2,52 s múlva érkezett vissza. Milyen távol volt a Hold ebben az esetben? (A fénysebesség $c = 300000$ km/s.)



25. ábra. A Nap különböző színkép tartományokban.
(Forrás: http://soi.stanford.edu/results/SolPhys200/Schrijver/images/compositeSun2.jpg)



26. ábra. A Vénusz hamis színes felszíni radar képe (Magellan űrszonda, NASA/USGS).
(Forrás: http://www.solarviews.com/cap/venus/venus1.htm)

Megoldás: $c = 300000\ \frac{\text{km}}{\text{s}}, t = 2,52\ \text{s} \Longrightarrow d = ?$

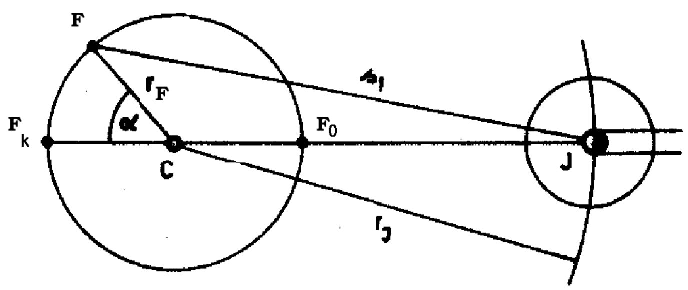
$$c = \frac{2d}{t} \Longrightarrow d = \frac{ct}{2} = \frac{300000\ \frac{\text{km}}{\text{s}} 2,52\ \text{s}}{2} = 3,78 \cdot 10^5\ \text{km}$$

3.2.2. Optika

A fényhullámok terjedése vákuumban

A fény vákuumbeli terjedési sebessége egy nagyon fontos mennyiség. Először Olaf Römer (1676-ban) mérte ki a Jupiter-holdak segítségével. Egy példa segítségével máris érthetőbbé tehető a mérés menete, és néhány csillagászati fogalommal is megismerkednek a diákok.

Feladat: A XVII. század végén Olaf Römer kimérte a fény sebességét a Jupiter-holdak fogyatkozásából. Vezessük le a fény sebességének képletét arra az esetre, amikor több nappal az együttállás előtt történik a megfigyelés. A megfigyelt fogyatkozás késése az előre számolt időponthoz képest 1000 s.



27. ábra. A fénysebesség mérése a Jupiter-holdak segítségével.
(Forrás: Dimitrijevic Miladin, Tomic Aleksandar: „Astronomija za IV. razred gimnazije”, Zavod za udzsbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1995.)

Megoldás: Együttállásban a Jupiter holdjairól érkező fény a Jupiter és Föld közötti távolságon kívül még a Föld pályájának az átmérőjét is megteszi (lásd 27. ábra). Mivel a sebesség a megtett út és az eltelt idő hányadosa, ezért felírható a következő összefüggés:

$$v = \frac{(\overline{JF_0} + \overline{F_0F_k}) - \overline{JF_0}}{\Delta t} = \frac{\overline{F_0F_k}}{\Delta t} = \frac{2r_F}{\Delta t},$$

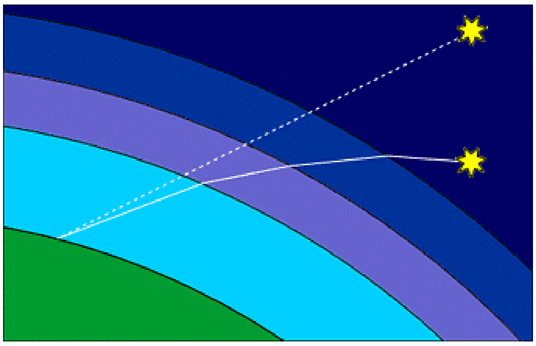
ahol Δt az az időkésés, ami a F_0 helyzetben való megfigyeléshez képest lép fel. F_0 és F_k közötti utat a Föld τ idő alatt teszi meg, ezalatt a Jupiter-hold n egész T_0 periódust tett meg a Naphoz viszonyítva. Tehát $\Delta t = \tau - nT_0$, ahol n-t és T_0-t megfigyelésekből kapjuk, és ebből számoljuk a v-t: $v = \frac{2r}{\tau - nT_0}$. Ha a késés 1000 s, akkor a fény sebessége $3 \cdot 10^8$ m/s. Ha t_1 nappal az együttállás előtt végezzük a megfigyelést akkor: $\alpha = \omega t_1$, $\omega = 1^\circ$ naponta, $\Delta s_1 = \sqrt{r_J^2 + r_F^2 - 2r_J r_F \cos(180^\circ - \alpha)}$ és $v = \frac{\Delta s_1}{\tau - t_1 - nT_0}$.

Megjegyzés: A fény sebességét akkor tudjuk kimérni, amikor a Jupiter az ekliptika síkjában van, tehát körülbelül 6 évente.

A fény visszaverődése és törése

Baranyi Károly „A fizikai gondolkodás iskolája” 2. kötetében írja, hogy: „A fény a levegőben megközelítően ugyanolyan sebességgel terjed, mint a vákuumban, ezért a levegő abszolút törésmutatóját a legtöbb problémában 1-nek tekintjük. A helyzet azonban az, hogy a valóságban a levegő abszolút törésmutatója kissé függ (termodinamikai) állapotjezőitől, a hőmérséklettől, a nyomástól, a sűrűségtől, valamint a fény frekvenciájától.” Ennek egyik következménye, hogy ha a légkörön át figyelünk meg egy csillagot, nem ott fogjuk látni, ahol valójában van.

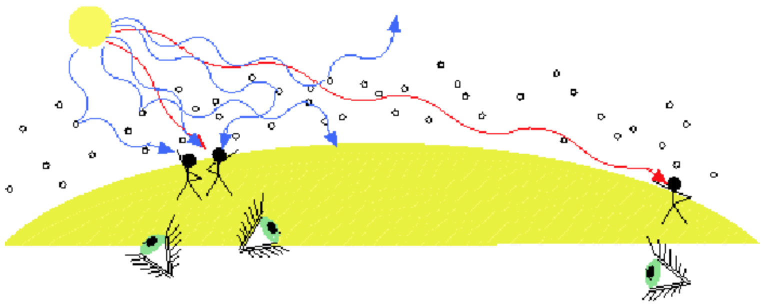
A fény különböző vastagságú levegőrétegeken halad át attól függően, hogy a csillag épp delel, vagy a horizonton van. A fénytörés törvényéből könnyen megmondhatjuk, hogy naplementekor a Nap valójában már a horizont alatt van, mégis látjuk a fényét. Ugyanez a jelenség okozza a Nap „zsemle” alakját is a horizont közelében. Ekkor a Nap alsó részeiről jövő fény hosszabb utat tesz meg a légkörben, és jobban eltérül – így fordulhat elő, hogy nem látjuk kereknek.



28. ábra. Fénytörés a légkörben
(Forrás: http://www.mozaik.info.hu/MozaWEB/Feny/FY_ft21.htm)

Amikor felnézünk egy derült éjszakán az égre, akkor azt látjuk, hogy a csillagok „pislognak”. Ezt a jelenséget *szcintillációnak* nevezzük, és oka az atmoszféra alsó rétegeiben kavargó, mozgó levegő. A bolygókat nem látjuk „pislogni”, mert a bolygók közelebb vannak hozzánk, nem pontszerűek, hanem kiterjedtek. Ezt az effektus a legnagyobb földi távcsöveknél sikerült kiküszöbölni „adaptív optika” használatával. Ez egy bonyolult rendszer a távcsőben, amelyet egy számítógépes program vezérel, és a lényege, hogy a számítógépes program kiszámítja hogyan változik meg a beérkező hullámfront a levegő hatására, majd a tükör felületét mechanikusan eldeformálja, hogy ez a légkör hatását kompenzálja.

Ha csak egy pillanatra kinézünk az ablakon egy szép, derült napon, láthatjuk, hogy kék az ég. A fizika segítségével meg tudjuk mondani, miért az. A légkör sokkal jobban szórja a kék hullámhossztartományba eső fényt mind a vöröset.

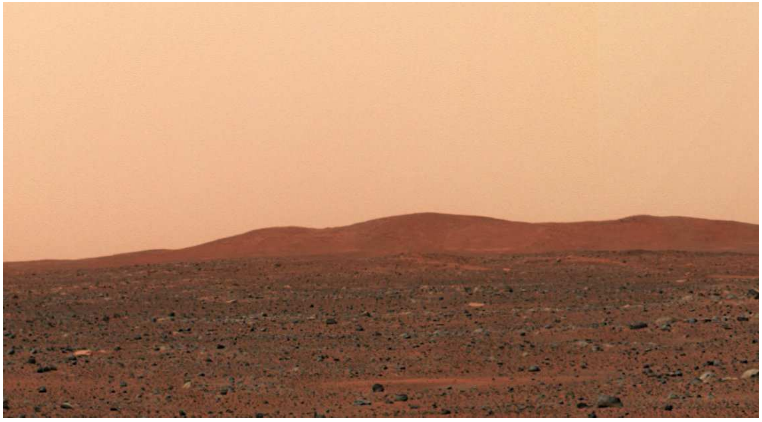


29. ábra. Miért kék az ég?
(Forrás: http://astro.u-szeged.hu/oktatas/korrekciok/42szoras_kek_eg.html)

A földi légkör hatásai teljesen természetesek számunkra, de máshol (más égitesteken, az űrben) általánosabb törvényeket kell alkalmaznunk. A földi körülmények ilyen szempontból elég speciálisak. Az ilyen típusú absztrakciót a következő kérésesekkel lehet a diákokban fejleszteni.

Kérdés:

1. A Vénusz felszínéről mit látnánk és miért?
2. És a Marson állva?



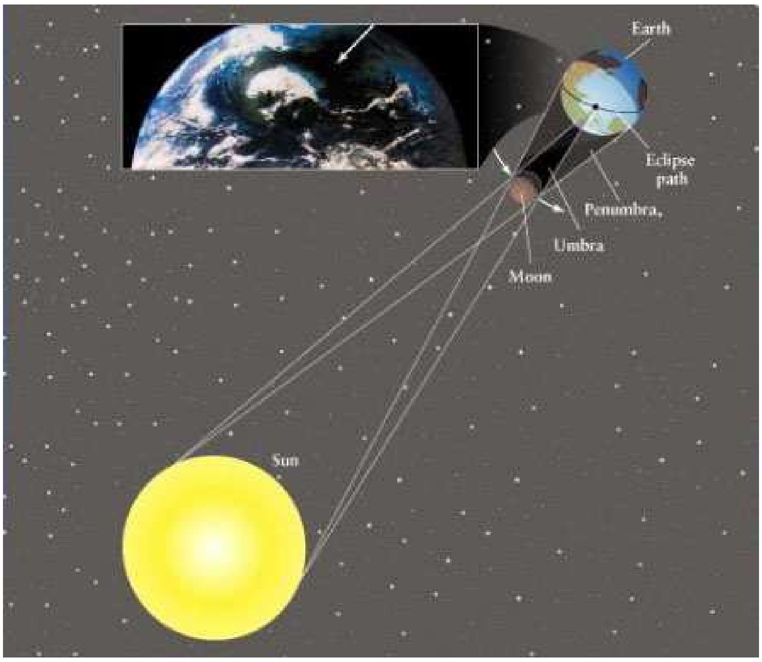
30. ábra. A marsi légkör, a Mars félszínéről fényképezve (Spirit, NASA).
(Forrás:
http://marsrovers.jpl.nasa.gov/gallery/press/spirit/20040113a/East_Hills_Sol8_L256-A11R1.jpg)

Válasz:

1. A Vénuszon a sűrű, nagy nyomású légkör fő összetevője a CO_2, és nagyon jelentős az üvegházhatás. Felhőzete beborítja, ezért a Vénuszon nem látnánk sem naplementét, sem napfelkeltét, sőt csillagos eget sem.
2. A Marson a légkör sokkal ritkább, és kisebb nyomású, mint a Földön. A Marson sok ember által készített eszköz járt, a felvételeken láthattuk, hogy ott vöröses az ég (30. ábra).

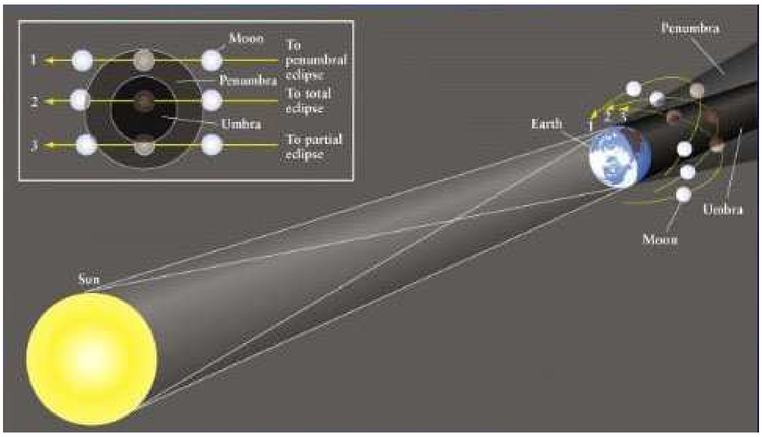
Optikai leképezés

Ez a témakör nagyon sok alkalmazási területtel rendelkezik, és a tankönyvek sokat vázolnak is közülük. A csillagászatban használt optikai eszközök csak egy részét képzik. Mivel a tankönyvek tartalmazzák a fő távcsőtípusokat, itt nem mutatom be őket. Viszont felhívnám a figyelmet arra, hogy szakkörökön a diákok számára nagy élményt jelent egy távcső kipróbálása. És ha már az optikai leképezés témakörénél tartunk, akkor a megfigyelés tárgyai lehetnek a naprendszeribeli fedési és fogyatkozásai jelenségek. Ezeknek geometriai okai vannak, könnyen érthetőek és látványosak (Jurkovity M., 2000.).



31. ábra. Napfogyatkozás.
(Forrás: http://www.blountk12.org/Planetweb/nonflash/lunarphase.html)

Az árnyékunkat sokszor látjuk, és szinte észrevételen marad számunkra. Az árnyékot a Földön például az utcai lámpa, vagy a Napból jövő fény hozza létre, de az árnyékokat a Naprendszerben is megfigyelhetjük. Nem is kell messzire menni: a nap- és holdfogyatkozás is árnyékjelenség. A Naprendszerben sok más olyan jelenség van, amit árnyék hoz létre, pél-



32. ábra. Holdfogyatkozás.
(Forrás: http://www.blountk12.org/Planetweb/nonflash/lunarphase.html)

dául a Jupiter holdak fedései és fogyatkozásai. Ezek közül bármelyik könnyen megfigyelhető egy kisebb távcsővel szakköri tevékenységen belül.

Nem csak megfigyelési feladatokkal, példákkal lehet foglalkozni szakkörökön. A leképező optikai feladatok is kikerültek a kötelező tananyagból, de szakkörön lehet foglalkozni ilyenekkel is. Például olyanokkal, mint ez az Eötvös-verseny 1960-as feladata, amelyben összekapcsolódik a csillagászat és az optika:

Feladat: A sima Csendes-óceán felett 20 km magasan repülőgép repül. A Hold éppen függőlegesen felette van. Mekkorának látja a pilóta a tengerben fürdőző Holdat a tényleges Hold látszólagos nagyságához viszonyítva? A Föld sugara 6370 km, a Hold távolsága a Föld középpontjától 384000 km.

1. Megoldás: A tenger R sugarú domború gömbtükör. Az S pontban levő megfigyelő *n*R távolságban, a Hold NR távolságban van a Föld középpontjától. A gömbtükör a T méretű Holdról K méretű virtuális képet ad a vízfelszín alatt *k* mélységben.

A feltett kérdésre a látószögek aránya adja meg a választ. A Hold látószöge:

$$\beta \approx \tan\beta = \frac{T}{(N-n)R'},$$

képének látószöge:

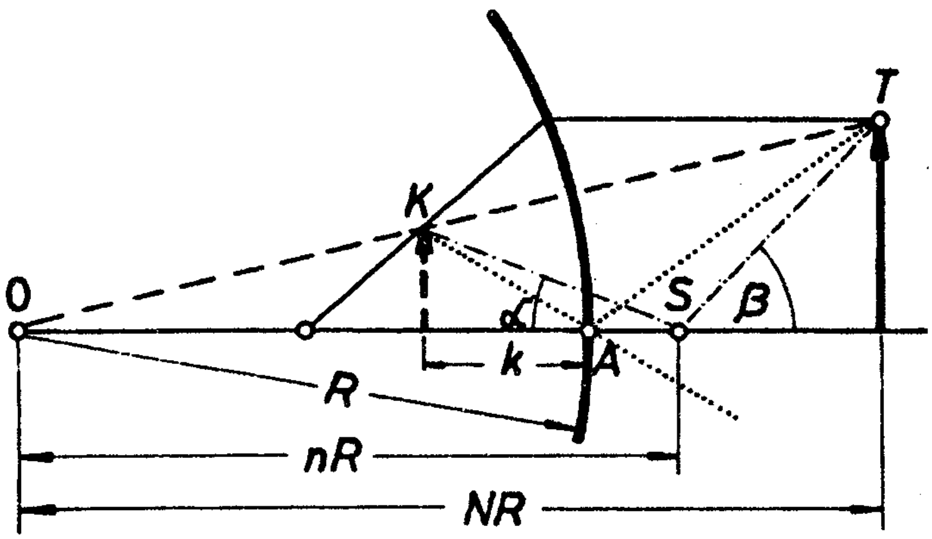
$$\alpha \approx \tan\alpha = \frac{K}{k+(n-1)R}.$$

A látószögek aránya:

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{K}{T}\frac{N-n}{n-1+\frac{k}{R}}.$$

A domború tükör törvénye szerint:

$$\frac{1}{k} + \frac{1}{(N-1)R} = -\frac{2}{R} \Longrightarrow \frac{k}{R} = \frac{N-1}{2N-1}.$$



33. ábra. A feladat ábrája.
(Forrás:Vermes Miklós: „Eötvös-versenyek faladatai I. 1959-1988”, TypoTeX, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1997.)

A lineáris nagyítás az O pontban találkozó hasonló háromszögek alapján, felhasználva $\frac{k}{R}$ értékét:

$$\frac{K}{T} = \frac{R-k}{NR} = \frac{1-\frac{k}{R}}{N} - \frac{1}{2N-1}.$$

Ezután a szögnagyítás:

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{1}{2N-1}\frac{N-n}{n-1+\frac{N-1}{2N-1}} = \frac{N-n}{2Nn-N-n}.$$

A mi esetünkben n = 6390:6370 = 1,0032, N = 384000:6370 = 60,28, a látószögek aránya $\frac{\alpha}{\beta}$ = 0,9935. Tehát a képet látjuk kisebbnek.

2. Megoldás: Azt a körülményt, hogy a tükörben látott kép látszólagos szöge kisebb, mint a Holdé, a következő egyszerű módon is beláthatjuk. Amennyiben a megfigyelő A-ban, a felszínen van, akkor a kép és a tárgy látószögei egyenlő nagyságúak. Ezt az ábra pontozott vonalai mutatják. Ugyanis egyrészt a TA fénysugár mint tükrön verődik vissza, másrészt a KA egyenes folytatja a tükör felszínéről, A-ból az S pontba megy, ennek következtében az α szög kisebb, a β szög nagyobb lesz.

3.3. 11. tanév: Hőtan, modern fizika: atom- és magfizika, csillagászat

3.3.1. Hőtan és űrkutatás

Dr. Némedi István „Asztronautikai feladatok” példatárában egy fejezet foglalkozik ezzel a problémakörrel. A Columbia űrsikló 2003. február 1-én bekövetkezett katasztrófája

34. ábra. A Columbia űrsikló katasztrófája 2003. február 1.
(Forrás: http://media.collegepublisher.com/media/paper657/stills/3e3c7dd732124-29-1.jpg)

megmagyarázható, ha ismerjük az ide vonatkozó fizikát.

A példatár leírja, hogy: „A visszatérő űrhajó felülete a sűrű légtérben nagyon felmelegszik. A mozgó test felületén a levegőrészecskék lelassulnak, és súrlódó hatás keletkezik. A test felülete mentén létrejön egy határréteg, amelyben a test felületéhez közelebb levő levegőrészecskék lassabban, a távolabbiak gyorsabban mozognak. A határrétegben a részecskék sebessége befelé haladva, a zérus értéktől a haladási sebességig változik, és a hőmérséklet is emelkedik. A hőmérsékletváltozás hangsebesség felett jelentős. A felmelegedés az űrhajó orránál a legnagyobb. A levegő sűrűsége is nagymértékben megváltozik. A jelenséget úgy is leírhatjuk, hogy a test nyugalomban van és a levegő áramlik. Az űrhajó felmelegedése ellen úgy lehet védekezni, hogy a visszatérő test anyagának egy részét a visszatérés biztosítására úgy használják fel, hogy azt szublimáció útján elgőzölögtetik. Erre a célra olyan keramikus anyagok alkalmazhatók, amelyek magas hőmérsékleten szublimáció útján elgőzölögtethetők és közben óriási hőt emésztenek föl." A példatárban erre vonatkozó példákat találhatunk.

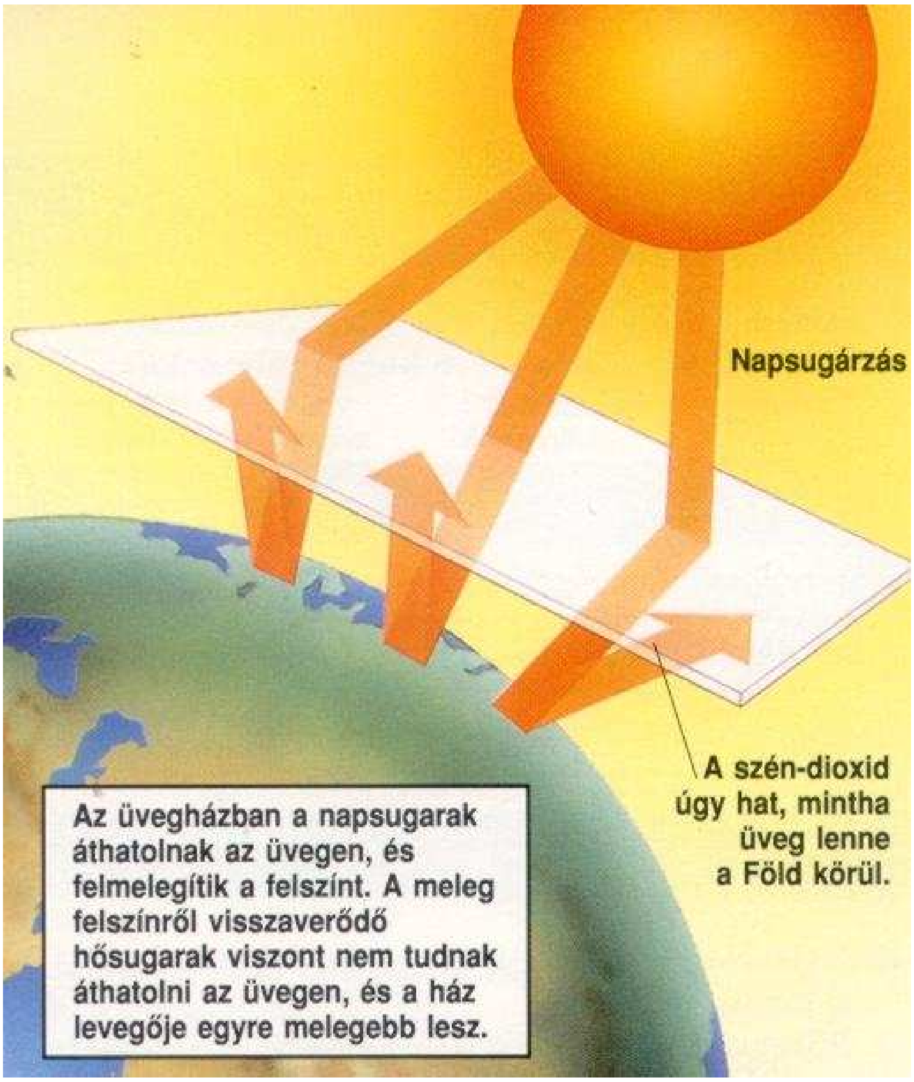
A hőtan törvényeit az üvegházhatásnál is felfedezhetjük. Bár ez egy bonyolult jelenség, és modellezése a mai napig nem teljesen megoldott, az alapjait értjük. Az üvegházhatást nem csak a Földön figyelhetünk meg, hanem a Vénuszon is. A Vénusz felszínén ez a hatás sokkal kihangsúlyozottabb, mint a Földön, mert a Vénusz légköre 97%-ban CO_2-ből áll, és ezek a molekulák csapdázzák a Napból jövő sugárzást.

A hőtan tantervi anyagához a csillagászatot feladatokkal, kérdésekkel kapcsolhatjuk.

Feladat: Tekintsünk egy 4 m átmérőjű, 5 m hosszú, henger alakú, normál nyomású levegővel töltött, hőszigetelt falú űrhajót. Mennyivel változik a levegő hőmérséklete, ha a bekapcsolt áramforrások összes hőteljesítménye 10 kW, és 10 s-en keresztül működnek? ($\rho_{lev} = 1,3$ kg/m^3, $c_v = 712\text{J}/\text{kg}^\circ\text{C}$)

Megoldás:

$$Q = c_v m \Delta t \Longrightarrow \Delta t = \frac{Q}{c_v m}$$



35. ábra. Üvegházhatás.
(Forrás: Fizika képes szótár, Nóvum Kiadó)

$$Q = Pt,\ m = \rho V = \rho r^2 \pi l$$

$$\Delta t = \frac{Pt}{\rho r^2 \pi l c_v} = \frac{10^4\ \mathrm{W} \cdot 10\ \mathrm{s}}{1,3\ \mathrm{kg/m^3} \cdot 4\ \mathrm{m^2} \cdot 3,14 \cdot 5\ \mathrm{m} \cdot 712\ \mathrm{J/kg^\circ C}}$$

$$\Delta t = 1,7\ ^\circ\mathrm{C}$$

Kérdés: Megfigyelték, hogy az égő gyertya lángja a Föld körül keringő űrhajóban szabályos gömb alakú. Mi lehet ennek az oka? Azt is megfigyelték, hogy a gyertya meggyújtás után viszonylag gyorsan elalszik. Miért?

Válasz: A gyertyaláng megszokott alakját az okozza, hogy a könnyebb fajsúlyú meleg levegő felfelé áramlik. A súlytalanság állapotában ezen áramlás hiányában nincs oxigén-utánpótlás sem, és a gyertya rövid időn belül elalszik.

3.3.2. Modern fizika: atom- és magfizika

Relativitás-elmélet

Albert Einstein zseniális munkássága révén ha modern fizikáról akarunk beszélni, nem hagyhatjuk ki a speciális és általános relativitás-elméletet.

Az elmélet első bizonyítéka volt az, hogy napfogyatkozáskor kimérték a fény eltérülését a Nap gravitációs mezejében. A Merkúr perihélium-vándorlása is ezzel az elmélettel magyarázható. A mezonok megfigyelése a légkör alján is megmagyarázható. A mezonok olyan részecskék, amelyeket nem kellene megfigyelnünk a légkör alján, mert nyugalmi élettartalmuk (10^{-6} s) alatt nem érnének le a földre. A Föld felszínén mégis megfigyelhetőek, még mielőtt elbomlanának. Ez az idődilatációnak a következménye – a mezonok élettartalma megnövekszik.

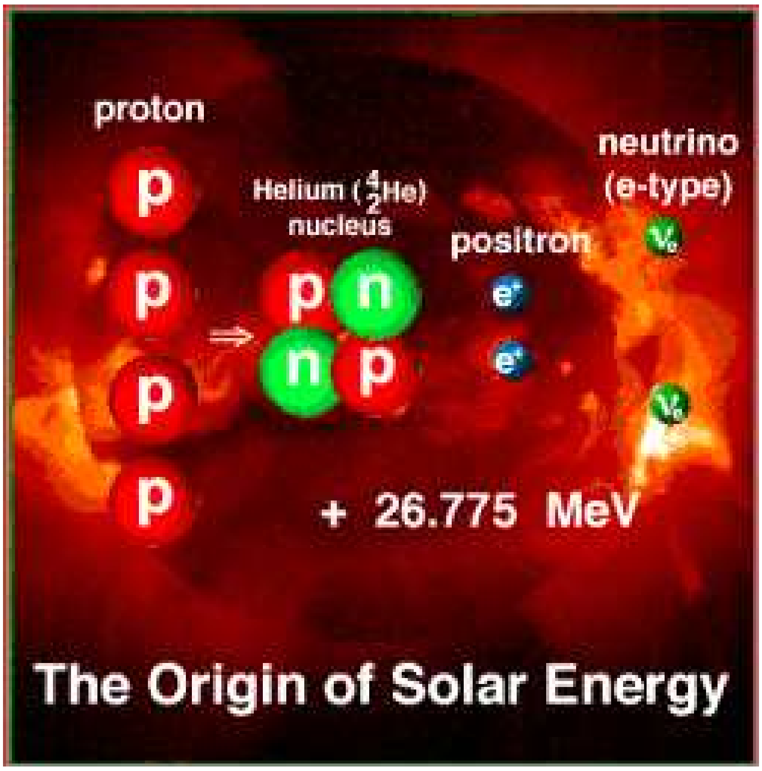
A tankönyv megemlíti ezeket a példákat, ezert most inkább az Einstein által elindított kozmológiai elmélet eredményeit ismertetem. A kozmológiai kutatások az általános relativitás elmélet egyenleteiből indulnak ki, és mostanra sok megfigyelési tényt is figyelembe vesznek. Azt mondhatnánk, hogy annak a felfedezése, hogy az Univerzum tágul, az eredetünkre vonatkozó legjelentősebb felfedezés (Lineweaver Ch., Davis T., 2005).

Természetes háttérsugárzás

A természetben szinte állandóan ér minket sugárzás. Ennek a természetes sugárzásnak nagy része az űrből jön, és nem csak a Napból. Ezekkel a csillagászati jelentőségű kozmikus részecskékkel a nagy energiájú csillagászat foglalkozik. A beérkező részecskék protonok, elektronok, pozitronok, amelyek egy részét lefékezik a légkör molekulái, és eközben újabb sugárzás keletkezik. A kozmikus sugárzás vizsgálata a csillagászat egyik gyorsan fejlődő kutatási területe.

Atom- és magfizika

A tankönyv ezt az anyagrészt részletes tárgyalja, kiemelve a Napban lejátszódó fúzió fontosságát, példákkal egybekötve, ezért nem részletezem. A Napban végbemenő magfúziós folyamatokat lehet kiemelni ennél a résznél. A Napban vannak olyan körülmények (elegendően magas hőmérséklet, nyomás), amelyek biztosítják a fúzió bekövetkezését és lefolyását. A földi laboratóriumokban is sikeresen kísérleteznek a fúzióval. Ez lehet a jövő egyik fő energiaforrása, hiszen a magfúzió során hatalmas energia szabadul fel.



36. ábra. Fúzió a Nap belsejében.
(Forrás: http://www.lbl.gov/abc/graphics/SOLARNRG.GIF)

4. A Cassini–Huygens misszió, mint középiskolás tananyag

A Cassini-Huygens misszió még 1997-ben kezdődött, és még most is folyamatban van. A Szaturnusz gyűrűrendszerének, és holdjainak a tanulmányozására tervezték elsősorban, de sok más feladatot is teljesíteni fog ez az űrmisszió. A Szaturnuszhoz 2004 júliusában ért a Cassini-Huygens űrszonda. 2005 januárjában a Huygens leszállóegység levált a Cassini űrszondáról és elmerült a Szaturnusz Titán holdjának légkörében – a küldetése sikeres volt. A Cassini űrszonda a tervek szerint még négy évig fog működni a Szaturnusz körül.

Az űrszonda hírei folyamatosan jelen voltak a sajtóban, de a szenzációs képek mellett ritkán jelent meg az egész küldetés fizikai hatteréről bármi is. Ezt az élénk érdeklődést ki lehet használni egy összesítő fizika óra alkalmával. A tananyag szinte minden területe feldolgozható a Cassini–Huygens misszió leírása során. A prodzsekt honlapján[1] elérhető az összes régebbi és új eredmény, sok képpel, animációval tarkítva.

Az alábbiakban középiskolai példákon keresztül tekintjük át a küldetést.

Feladatok:

1. Rakéta égésterében keletkezett gáz ideális gázként viselkedik, az uralkodó nyomás $1{,}5 \cdot 10^6$ Pa, a hőmérséklet 2000 °C, $M_{mol} = 18$ g. Mekkora a gáz sűrűsége?

[1]http://saturn.jpl.nasa.gov/home/index.cfm

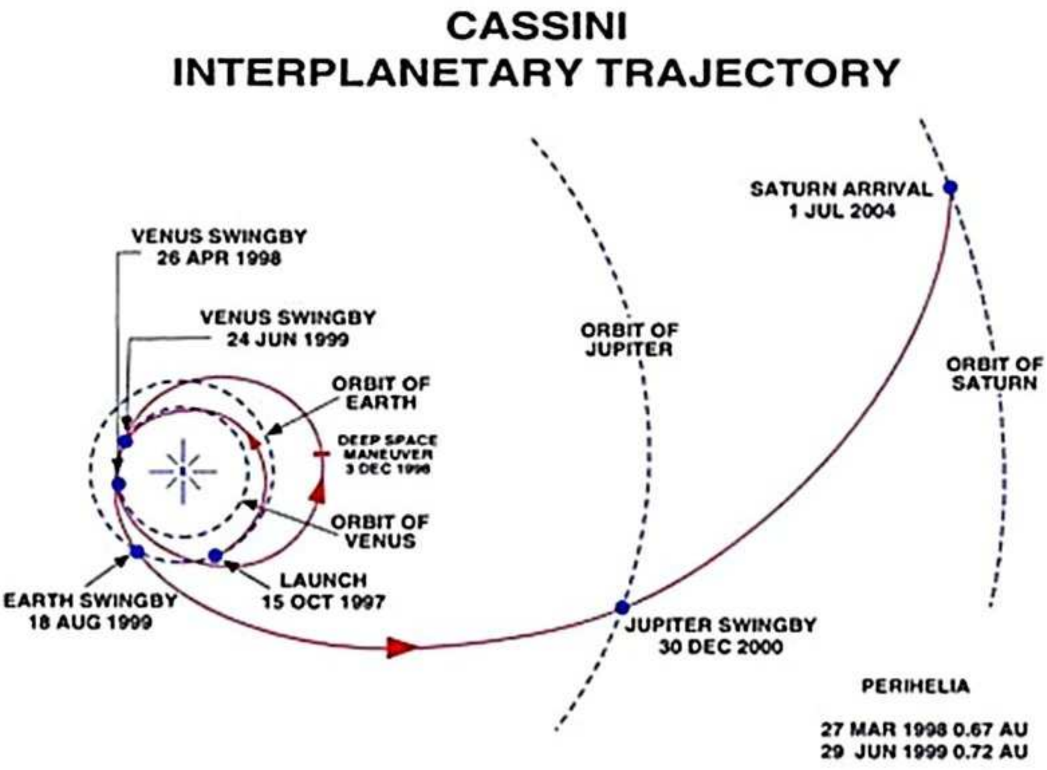
37. ábra. A Cassini űrszonda.
(Forrás: http://saturn.jpl.nasa.gov/overview/images/spacecraft-300.jpg)

2. Mivel magyarázná, hogy az űrkutatásban előforduló viszonylag nagy sebességeket csak a rakétahajtómű tudja megvalósítani?

3. Egy háromlépcsős rakéta egyes fokozatainak induló tömege M_1, M_2, M_3. A fokozatok végső tömege m_1, m_2, m_3. Az effektív kiáramlási sebesség mindegyik fokozatnál w. Milyen végsebességet ér el a rakéta erőmentes térben, ha egyenesvonalú mozgást végez? Hogyan fejezhető ki ezen rakéta $R_{össz}$ össztömegaránya, vagyis az egyes fokozatok tömegarányainak szorzata?

4. A Cassini–Huygens űrszonda nagyobb sugarú pályára állításába energiát kellett befektetni, a kerületi sebessége mégis kisebb lett. Mutassuk ezt meg paraméteresen. Legyen m az űrszonda tömege, M pedig annak az égitestnek a tömege, amely körül kering. (Égi mechanikai paradoxon.)

38. ábra. A Huygens leszállóegység.
(Forrás: http://saturn.jpl.nasa.gov/overview/images/probe-esa.jpg)

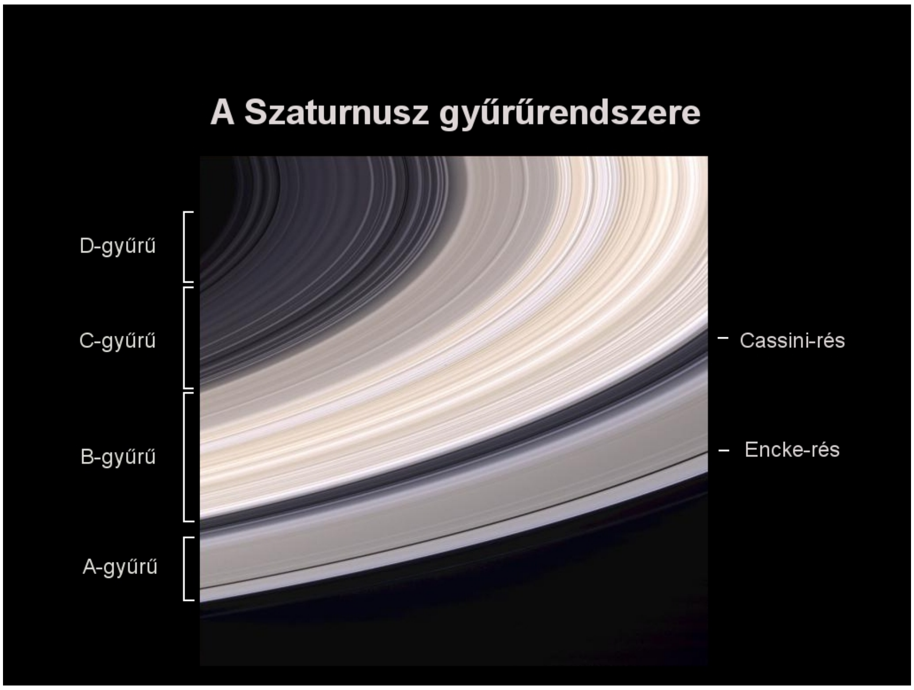


39. ábra. Az űrszonda útja.
(Forrás:http://saturn.jpl.nasa.gov/multimedia/images/mission/IMG000776-br500.jpg)

5. Tegyük fel hogy a Cassini–Huygens űrszonda alumíniumból készült, és hőmérséklete $+30$ °C. 60 km/h sebességgel nekicsapódik egy 1 g tömegű meteor. A meteor lefékeződik, és energiája hővé alakul. A szonda felületén milyen mély 2 mm átmérőjű lyukat képes megolvasztani és elpárologtatni az ütközéskor keletkező hő? Az alumínium közepes fajhője $c = 900$ J/kg°C, sűrűsége 2700 kg/m^3, olvadáspontja 660 °C, olvadáshője 360500 J/kg, forráspontja 2450 °C, forráshője 10886200 J/kg.

6. Egy bolygó sugara R, és egy holdjának távolsága $d = nR$. Számoljuk ki a nehézségi gyorsulást, ha T a keringési idő. Ha paraméteresen megoldottuk a példát, helyettesítsük be a Szaturnusz és a Titán adatait. (Az adatoknak járjunk utána könyvben, vagy az Interneten.)

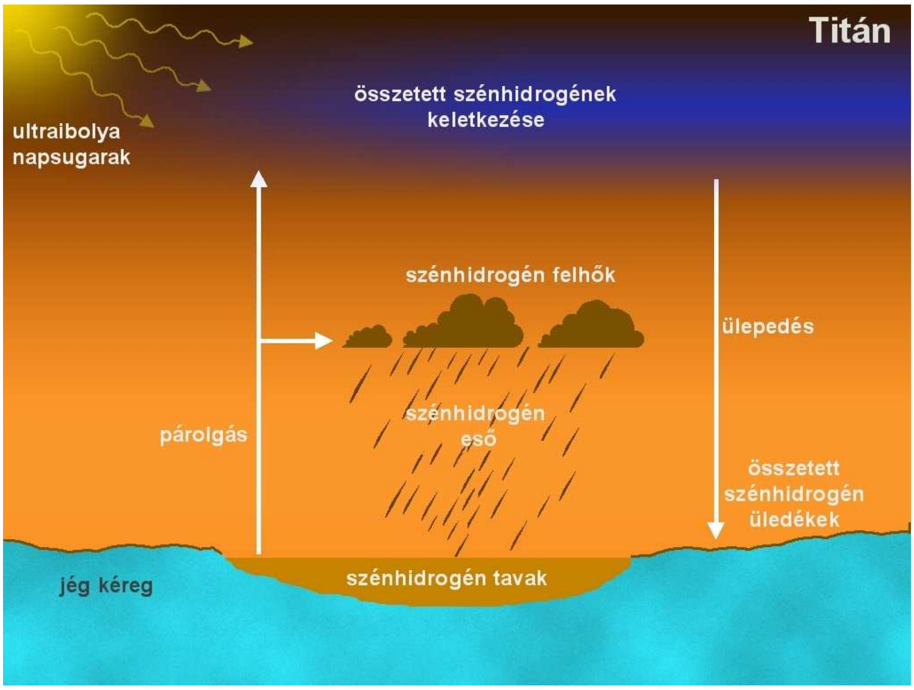
7. A Szaturnusz „A” jelű gyűrűjének a külső pereme $14^h 27^m$ alatt tesz meg egy teljes fordulatot, míg a „B” gyűrű belső peremének keringési ideje $7^h 46^m$. Érvényessek-e a Kepler-törvények a mozgásukra? (A Szaturnusz sugara $R_{Sz} = 60268$ km, a gyűrűk távolsága a bolygótól $R_A = 275000$ km és $R_B = 208000$ km.)



40. ábra. A Szaturnusz gyűrűrendszere – a 7. feladathoz.
(Forrás: http://www.csillagasz.at/csillagaszat/segedanyag/kepek/szaturnusz_segedanyag_05.jpg)

8. Becsüljük meg a légkör hőmérsékletét egy bolygón/holdon, ha a tömege M és sugara R. A légkör vastagsága $h \ll R$, és összetétele homogén, molekuláris tömege μ.

Megoldások:



41. ábra. A Titán légköri folyamatai – a 8. feladathoz.
(Forrás: http://www.csillagasz.at/csillagaszat/segedanyag/kepek/szaturnusz_segedanyag_08.jpg)

1.
$$\frac{pV}{T} = \frac{M}{M_{mol}} R \Longrightarrow \frac{p}{T} = \frac{M}{V} \frac{R}{M_{mol}}$$
$$\frac{p}{T} = \rho \frac{R}{M_{mol}} \Longrightarrow \rho = \frac{pM_{mol}}{RT}$$
$$\rho = 1,43 \text{ kg/m}^3$$

2. A rakéta tolóereje állandó, tömege viszont folyamatosan csökken. Így nagy gyorsulások ($a = \frac{F_t}{m}$) és nagy végsebességek elérésére képes. Nincs a légkörhöz kötve, mint a repülőgép.

3.
$$v = w \ln \frac{M_1 + M_2 + M_3}{m_1 + M_2 + M_3} \frac{M_2 + M_3}{m_2 + M_3} \frac{M_3}{m_3}$$
$$R_{össz} = \frac{M_1 + M_2 + M_3}{m_1 + M_2 + M_3} \frac{M_2 + M_3}{m_2 + M_3} \frac{M_3}{m_3}$$

4. Newton törvénye alapján:
$$\frac{mv^2}{r} = \frac{\gamma M m}{r^2} \Longrightarrow v = \sqrt{\frac{\gamma M}{r}}.$$
Ha $r_2 > r_1$, akkor $v_2 < v_1$, azaz ha $\delta E > 0$, akkor $\Delta v < 0$.

5.
$$Q = E_m = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg} \cdot (6 \cdot 10^4\ \mathrm{m/s})^2 = 1,8 \cdot 10^6\ \mathrm{J}$$
az ütközéskor keletkezett hő.

$$Q = Q_1 + Q_0 + Q_2 + Q_f = cm^*\Delta t_1 + L_0 m^* + cm^*\Delta t_2 + L_f m^*$$
$$m^* = \frac{Q}{\frac{c}{\Delta t_1 + \Delta t_2} + L_0 + L_f}$$
$$m^* = 0,134m$$
$$m^* = \rho V = \rho r^2 \pi x \Longrightarrow x = \frac{m^*}{\rho r^2 \pi}$$
$$x = 0,016m$$

A meteor 1,6 cm mély, 2 mm átmérőjű lyukat képes ütni.

Megjegyzés: Az űrhajókat (repülőgépeket) nagy olvadáspontú anyagok alkalmazásával óvják a károsan magas hőmérséklettől. Ilyen anyagok pl. a hafnium, a tantál, és a titán karbidja, ezek szublimáláskor sok hőt emésztenek fel. Ráadásul több rétegű fémfóliákat ún. „porcsapdát” alkalmaznak (Gyuris S., 1987.).

6.
$$mg = \gamma\frac{mM}{R^2} \Longrightarrow g = \gamma\frac{M}{R^2}$$
Kepler III. törvényéből azt kapjuk, hogy:
$$\frac{4\pi^2 d^3}{T^2} = \gamma M \Longrightarrow M = \frac{4\pi^2 n^3 R^3}{\gamma T^2} \Longrightarrow g = \frac{4\pi^2 n^3 R}{T^2}.$$

7. Amennyiben érvényes Kepler III. törvénye, akkor az av^2 szorzatnak mindkét esetben hasonló értékeket kell adnia. Ha a gyűrűk távolsága a bolygótól $R_A = 275000$ km, és $R_B = 208000$ km, továbbá a Szaturnusz sugara $R_{Sz} = 60268$ km, akkor a várt eredményt kapjuk.

8. A bolygón a gravitációs gyorsulás $g_p = \gamma\frac{M}{R^2}$. A nyomás, amelyet egy h magasságú légköroszlop kifejt $p = \rho g_p h$, mert a $h \ll R$ esetben a gyorsulás lassan változik a magassággal. Clapeyron állapotegyenletét alkalmazva $p = \frac{\rho\frac{k}{m_p}T}{\mu}$, ahol k a Boltzmann-állandó, ρ a sűrűség, μ a molekuláris tömeg. Következik: $T = \frac{g_p h \mu m_p}{k}$.

5. Csillagászat a középiskolai fizika tankönyvekben

A tankönyvpiacon sok középiskolai fizika tankönyv található. A csillagászat a kötelező tananyag része lett, és az érettségi követelmények között is szerepel, ezért a fizika tankönyvek is tartalmaznak csillagászat részt. Ezek a tankönyvek viszont nagyon különbözőképpen dolgozzák fel a témakört. Pár általános megjegyzést fogalmazok meg ezen különböző megközelítésekről.

A csillagászat szinte mindegyik tankönyvben az atom- és magfizika rész után következik, ehhez a témakörhöz a Napban lejátszódó fúzió által kapcsolódik a csillagászat. Így a Napból kiindulva többfelé ágazhat a csillagászattal foglalkozó anyagrész.

A Napban lejátszódó fúzió más csillagok energiatermelésének az alapja is. Innen a csillagok fejlődésén keresztül lehet tovább lépni a nagyobb struktúrák felé, a Tejúthoz, a galaxisokhoz, majd a Világegyetem kialakulásához. Ezzel meghatároztuk az ember helyét időben és térben az Univerzumban. Hátránya, hogy csak nagy léptekkel lehet haladni, és emiatt nem marad idő a részletek megtárgyalására. Nehezen lehet feladatokat, példákat megfogalmazni. Továbbá nehézséget jelent áttérni a szférikus csillagászatra, a Naprendszerre. A fontos fizikatörténeti érdekességek is kimaradnak.

A Napból kiindulva a Naprendszer tanulmányozásra térhetünk át, itt viszont nem szabad a számadatok megtanításával eltölteni az órákat. A geocentrikus és heliocentrikus rendszer nagyon lényeges fizikatörténeti tanulságot hordoz magában, és segít a gondolkodás fejlesztésében. A Naprendszerből kitekintve eljutunk a Tejúthoz, és onnan a Világegyetemhez. Viszont nagyon jól kell beosztani a rendelkezésre álló időt, hogy minden témakör feldolgozásra kerüljön.

Összefoglalás

A csillagászat beépítésével a középiskolai fizika oktatásba felkelthetjük az érdeklődést a fizika tantárgya iránt. A dolgozatomban bemutattam néhány konkrét alkalmazási lehetőséget, a teljesség igénye nélkül. A csillagászati ismeretanyagok, képek, oktatási segédletek könnyen hozzáférhetők az interneten. A fizika és a csillagászat segítségével tudományos módszerekkel vizsgálhatjuk a világot, amiben élünk, az Univerzumot, sőt az eredetünk kérdéseit is. Egy fiatal számára ezek a kérdések fontosak, és a tanárok feladata lenne ilyenekre felhívni a figyelmüket.

A Mozaik Kiadó tankönyveibe már sok helyen be van építve a csillagászat, ám bővíteni lehetne ezt. Legcélszerűbb külön csillagászati szakköröket szervezni az iskolán belül.

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm témavezetőmnek, Dr. Szatmáry Károlynak a téma bemutatását és a végtelen türelmét, megértését, amit a munkám iránt tanúsított. Köszönettel tartozom még Csák Balázsnak, és a szüleimnek, akik segítsége nélkül nem írhattam volna meg ezt a dolgozatot.

Nyilatkozat

Alulírott Jurkovity Mónika, fizika szakos hallgató, kijelentem, hogy a diplomadolgozatban foglaltak saját munkám eredményei, és csak a hivatkozott forrásokat (szakirodalom, eszközök, stb.) használtam fel. Tudomásul veszem azt, hogy szakdolgozatomat/diplomamunkámat a Szegedi Tudományegyetem könyvtárában, a kölcsönözhető könyvek között helyezik el.

Aláírás: ....

Dátum: 2005.május 6.

Irodalomjegyzék

Almár Iván, Both Előd, Horváth András és munkatársaik: SH atlasz, Űrtan, Springer Hungarica Kiadó Kft., Budapest, 1996.

Baranyi Károly: „A fizikai gondolkodás iskolája 2. kötet”, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1992.

Dr. Bonifert Domonkosné, Dr. Holics László, Dr. Halász Tibor, Dr. Rozlosnik Noémi: „Fizikai fogalomgyűjtemény”, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1993.

Dimitrijevic Miladin, Tomic Aleksandar: „Astronomija za IV. razred gimnazije”, Zavod za udzsbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1995.

„Gimnáziumi összefoglaló feladatgyűjtemény”, Nemzeti Tankönyv Kiadó, Budapest, 2001.

Gyuris Sándor: „Csillagászati feladatok felhasználása a gimnáziumi fizika tananyag elmélyítésében”, Szakdolgozat, József Attila Tudományegyetem, Szeged, 1987.

Dr. Halász Tibor, Dr. Jurisits József, Dr. Szűcs József, Mozaik kerettantervrendszer a gimnáziumok számára, NAT 2003, FIZIKA 9.-12. évfolyam, Mozaik Könyvkiadó, Szeged, 2004.

Joachim Herrmann: SH Atlasz, Csillagászat, Springer Hungarica, Budapest, 1992.

Juhász András: „Fizikai kísérletek gyűjteménye 1.” és „Fizikai kísérletek gyűjteménye 3.”, Arkhimédesz Bt.és TypoTeX Elektronikus Kiadó Kft., Budapest, 1996.

Jurkovity Mónika (Témavezető: Dr. Kiss L. László): „Csillagászati fedések és fogyatkozások a középiskolai oktatásban”, TDK dolgozat, Szeged, 2000.

Kelemen János: „Csillagászati gyakorlatok”, Tankönyvkiadó, Budapest, 1984.

Kiss Árpád: „A tanulás fogalma a pszichológiában és a pedagógiában.” Pszichológiai tanulmányok 5. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1963.

Középiskolai Matematikai Lapok (KöMaL), 2001. április

Lineweaver Charles, Davis Tamara: ”Misconceptions about the Big Bang”, Scientific American, March, 2005.

Dr. Némedi István:„Asztronautikai feladatok”, Tankönyvkiadó, Budapest, 1987.

Richard P. Feynman: „Hat könnyed előadás”, Park–Akkord Könyvkiadó, Budapest, 2000.

Öveges József: „Kis fizika II.”, Aranyhal Könyvkiadó, Budapest, 1998.

Öveges József: „Sugárözönben élünk”, Aranyhal Könyvkiadó, Budapest, 1998.

Öveges József: „Érdekes fizika”, Aranyhal Könyvkiadó, Budapest, 1998.

Öveges József: „Kísérletezzünk és gondolkodjunk!”, Aranyhal Könyvkiadó, Budapest, 1998.

Szatmáry Károly: A fizika tanítása: „Asztrofizika a gimnázium IV. osztályában”, XXIII.évf., 3. szám, Művelúdési Minisztérium, Budapest, 1984.

Szatmáry Károly, Gál János, Kovács Róbert, Harnos István: A fizika tanítása, „Középiskolások csillagászati ismereteinek egy felmérése”, Mozaik oktatási stúdió, Szeged, 1996. (május)

Dr. Zátonyi Sándor: „A fizika tanulása és tanítása az általános iskolában”, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.

Vermes Miklós: „Eötvös-versenyek faladatai I. 1959-1988”, TypoTeX, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1997.