

Doktori értekezés

A szemléltetés és a tanítás módszertan problematikája a csillagászati
földrajz oktatásában

Szerző:
Nagyvárad László



Szeged 1993.

TARTALOM

I. Témaválasztás indoklása	1
II. Kutatás célkitűzései	3
III. A valóság közvetlen bemutatása	5
1. A Nap szemléltetése	5
2. A Hold szemléltetése	19
3. Egyéb csillagászati objektumok	22
IV. Kísérletek	26
V. A közvetett szemléltetés	29
Tankönyv	29
Képek és vetített képek	30
Mozgófilm szemléltetés	31
Földgömb a csillagászati földrajzban	33
Rajzos szemléltetés	39
VI. A csillagászati földrajzi szemléltetés	
a különböző iskolatípusokban	41
Általános iskola	41
Középiskola	47
Tanárképzés	51
VII. Szemléltetés a planetáriumban	75
A planetárium és a csillagászati oktatás	76
Összegzés	87
Felhasznált irodalom	88
Mellékletek	

I. TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA

A földrajztudomány az utóbbi évtizedekben nagy változáson ment át. Az általános természetföldrajz résztudományai legtöbbször valóban nem földrajzi feladatokat oldottak meg. A csillagászati földrajz feladatköre is közelebb állott a csillagászathoz mint a földrajzhoz. Vagyis a csillagászati földrajz céljai távol álltak a földrajztól. Az egész világegyetemnek teljesen matematikai és fizikai alapon való részletes ismerete szinte elvonatkoztatva földi tájaktól semmi esetre sem lehet a földrajzot művelőknek elsőrendű feladata. De nem jelent földrajzi feladatot sem egy földi pontnak a térben való útjával foglalkozni, sem a különböző bolygóknek helyzetét ismerni.

A földrajztudomány művelői nem is kerülnek abba a helyzetbe, hogy azt meghatározzák, de nem változtat a táj képén az sem, hogy például két bolygó hogyan viszonyul egymáshoz. Végeredményben ezeknek és még számtalan feladatnak megoldása nem a geográfus, hanem a csillagász feladata. A csillagászati földrajz feladatát úgy kell meghatároznunk, hogy az elsősorban a geográfiai ismeretek megalapozását szolgálja. Nehéz felelni arra a kérdésre, hogy milyen ismeretekre van szüksége a geográfusnak a csillagászat tudományában. A csillagászatnak vannak olyan részei, amit a geográfusnak illik tudni, de nem azért mert földrajzos, hanem azért, mert művelt ember. Kétségtelen, hogy a csillagászati földrajzi ismeretek egyben a csillagászatnak is ismeretei, így tehát a földrajz maga is tanítja a csillagászati alapfogalmak jó részét. A geográfus kutatási területe a földrajzi burok, azzal foglalkozzék, de amennyiben a két tudományterület határfelületét képező, interdiszciplináris tudományágnak, a csillagászati földrajznak a művelője, akkor tájékozódjék a csillagászat területén és vegyen át a csillagászok által feltárt minden olyan tudományos eredményt, amely felhasználható a földrajzi burok vizsgálatához, törvényszerűségeinek megismeréséhez, különösen az olyan jelenségeinek, folyamatainak magyarázatához, amelyekben szerepet játszanak exogén földönkívül ható tényezők (pl. árapályjelenség, asztrolémek keletkezése, stb.).



A csillagászati földrajz feladatát oktatási tapasztalataim alapján a következőkben tudnám megállapítani:

1. Válassza ki a csillagászat tudományos eredményeiből és közvetítse a geográfia számára azokat a csillagászati ismereteket, amelyek a földrajzi burok fejlődésének, a benne játszódó földrajzi jelenségek és folyamatok megértéséhez, azok törvényszerűségeinek megismeréséhez szükségesek. *(Fehér 1993)*
2. Oldjon meg önálló feladatokat.
3. Alapozza meg a korszerű természettudományos műveltség alapjait.

Magam részéről e munkámban közölt anyagot tartom fontosnak kiemelni és segítségével a csillagászati és földrajzi kapcsolatokra rámutatni. Az űrhajózás, űrkutatás korszakában rendelkezésre álló adatok, fotók sokasága lehetővé teszi a bolygók (főként a föld-típusúak) geológiai, geomorfológiai, meteorológiai, hidrológiai alapon történő összehasonlítását.

Disszertációmban ezen adatok összegyűjtése, összehasonlítása a kutatási feladatom, mely a csillagászati földrajzi tényezőknek a földrajzi tényezőkkel való kapcsolatát is vizsgálja a tanítás módszertan érdekében. Így a planetológiai fejezet kizárólag módszertani indokok alapján került a dolgozatba. A benne szereplő fogalmak, összefüggések csak oktatás módszertani szempontból használhatók.

II. A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI

A témaválasztásom indoklásánál ²⁰⁰¹ már említést tettem a csillagászati földrajz hármass feladatköréről. Ezek közül dolgozatomban az általam legjobban ismert geográfiai ismereteket megalapozó csillagászati ismeretek feldolgozásával foglalkozom. Célkítűzésemet indokolja a csillagászat területén szerzett tapasztalataim sokrétűsége. Munkám során öt évet töltöttem csillagászati intézményben. A Pécsi Planetárium és Csillagvizsgáló vezetőjeként több mint 2000 csillagászati előadást tartottam. Ezen előadások meggyőztek arról, hogy milyen nagy az érdeklődés a csillagászat iránt és milyen nehéz hozzáférni ezekhez az ismeretekhez minden korosztály számára érthető módon. A csillagászati ismereteket már óvodás kortól átadhatjuk a gyerekeknek életkori sajátosságaiknak megfelelően. A hétköznapi ember számára a csillagászat bonyolult matematikai, fizikai ismereteket igénylő tudomány. Ezért az emberek csak ritkán, vagy egyáltalán nem nyúlnak a témához. A csillagászati földrajz feladatain keresztül azonban szinte észrevétlenül juthatnak el az érdeklődők a csillagászat alapjaihoz. A hétköznapi tapasztalataiból az égbolt látványából juthatunk el például a planetárium vagy távcsöves bemutatók segítségével egy minimális csillagászati alapműveltséghez. A távcsöves bemutatók során sokszor tapasztaltam az emberek "aha" élményét, amely egy életre szóló nyomot hagyott a megfigyelőben. Ezeket felhasználva juthat el a tanár, előadó egy egészséges érdeklődés kialakításáig.

56, A csillagászati földrajzi ismeretek tanórán történő elsajátításához általános, középiskolai és felsőfokú intézetekben szerzett tapasztalataim alapján a szemléltetés mint módszertani eljárást tartom az egyik sarkalatos kérdésnek. Ezt már korábbi kutatásaim során részben feldolgoztam, így disszertációmban is fontos fejezetként szerepel. A tanítási órákon gyűjtött adatok, tesztek, kérdőívek feldolgozásából állapítottam meg a doktori értekezésben leírtakat. Külön fejtettem ki az egyes iskolatípusok, illetve a szemléltetésre kerülő égitestek, objektumok bemutatási, tanítási módszereit. Kitérek a tanítási órán kívüli lehetőségekre, így a távcsöves bemutató, planetárium előadás oktatási folyamatban történő felhasználására. A Magyar Asztronautikai Társaság tagjaként folyamatosan hozzájutoz az űrhajózás, űrkutatás legújabb híreihez, kutatási eredményeihez. Ezen adatok feldolgozásával a földrajzi jelentőségének

kiemelését igen fontosnak tartom. Figyelmet szenteltem a planetológiai planetomorfológiai összehasonlításoknak Földünk és a föld-típusú bolygók esetében. Dolgozatom ezen részeit egyetemi óráimon is felhasználom, melyen a hallgatók egyidőben tanulhatják a földre vonatkozó geológiai alap-ismereteket a Naprendszer bolygóival. A rövid fejezet célja, hogy példaként bemutassa az általános természet földrajzi fogalmak, összefüggések eggyüttes oktatását a csillagászati földrajz keretein belül.

A szemléltetés és a csillagászati földrajzi szemináriumok egyik legfontosabb részének a földgömbi gyakorlatokat tartom. Disszertációm készítése során egy 300 feladatból álló tematikus példatárat készítettem a hallgatók részére. Ezt a gyakorlatban már két éve használom és a korrekciók után a példatár már hasznos részét képezi az oktatási folyamatnak. Jó összekötő kapocsként funkcionál a csillagászati földrajz és a csillagászat tudománya között.

Tekintettel arra, hogy a csillagászati földrajz a Földnek az Univerzummal való kapcsolatait tárja elénk, a világegyetem és a táj kölcsönhatásait világítja meg, megismerése minden geográfus kötelessége.

A megismerés alapja a tapasztalat. Bármely iskola csak hagyományos úton ma már képtelen egész életre szóló tudással ellátni növendékeit. A műveltség tartalma minden képzési fokon meghatározza az egyén világnézetét, viszonyát a társadalomhoz, a munkához. A hagyományos közlési rendszerek mellett a szemléltetés mind újabb eszközeit kell alkalmazni. A szemléltetésnek bármely módját és eszközét használjuk, csak a nevelői bemutatás és a tanulói megfigyelés harmónikus együttesében érvényesül és válik a megismerési folyamat szerves részévé.

A csillagászati fogalmak tanításakor a megfelelő képzetek kialakítása a leglényegesebb és egyben legnehezebb feladat. A csillagászati földrajz már önmagában olyan motiváló tényező, hogy ha a képzetek kialakításához megfelelő szemléltetőeszközöket és módszereket használunk, a megfoghatatlan világmindenség reálisan tükröződik a tanulók tudatában. Az aránytalanul lecsökkentett csillagászati tananyagot a hatékony, látványos szemléltetéssel teljesebbé, és az ismereteket maradandóbbá tehetjük.

III. A VALÓSÁG KÖZVETLEN BEMUTATÁSA

A tanulók saját megfigyelései, spontán élményei és céltudatos észlelései teszik lehetővé, hogy földrajzi képzeitek, fogalmaik, ismereteik a valóságot helyesen, reálisan tükrözzék. A csillagászati földrajz oktatásában több földrajzi tárgy (égitest), jelenség (fogyatkozás), folyamat (égitestek látszólagos mozgása) közvetlen szemléltetése lehetséges. A közvetlen bemutatás legfontosabb égitestjei: központi csillagunk a Nap, a Hold, a bolygók, az üstökösök és a meteorok. Ezek a bemutatásra legalkalmasabb égitestek. Az objektumok szemléltethetők tanítási óra keretében, szakköri foglalkozáson és kirándulásokon, valamint nyári táborozáskor. Bármely iskolatípusnál, tanulói korosztálynál hatékony ismeretszerzést biztosít. Megfigyelésük történhet szabad szemmel és műszerekkel (távcső).

1. A NAP SZEMLÉLTETÉSE

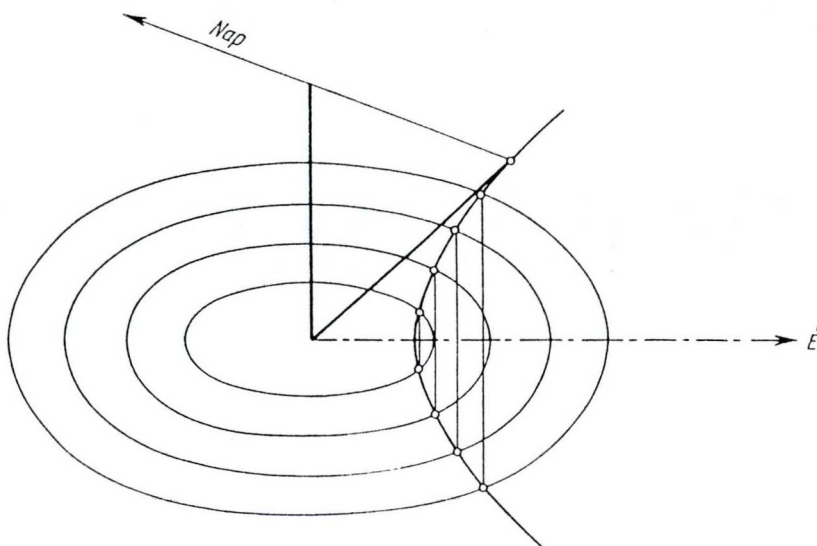
Látszólagos mozgás

Bemutatása szervesen kapcsolódik az általános iskolától az egyetemig minden iskolatípus tananyagához. A napi mozgás szemléltetéséhez egy árnyékvető oszlopra, leszúrt botra van szükség. Megfigyelési szempontok: a Nap iránya (árnyék iránya), az árnyék hossza, az árnyék elmozdulási iránya.

Az árnyék iránya

Az árnyék iránya a Nap égtáj szerinti tartózkodási helyének meghatározását segíti. Az égtájak meghatározása iránytű nélkül történhet az úgynevezett indiai kör segítségével. Az árnyékvető rúd (gnómon) talppontjával, mint középponttal néhány koncentrikus kört karcolunk a lehetőleg vízszintes talajra.

Ezután megfigyeljük, hogy reggel (a megfigyelés kezdetekor) a rúd csúcsának árnyéka hol éri el a legnagyobb sugarú kör vonalát. Ezt a pontot megjelöljük. Ezt tesszük valamennyi körrel a délelőtti, majd a délutáni órákban, amikor az árnyék vége sorra elhagyja a köröket. A metszéspontokat összekötjük, és az így kapott húrokat megfigyeljük.



1. ábra Indiai kör

A felezőpontokat a rúd talppontjával összekötve a pontos észak-déli irányt (meridiánt) kapjuk. Természetesen elegendő egyetlen körön megfigyelni az árnyékot, ami egy tanítási óra keretében elvégezhető: a több körös módszer a nagyobb pontosság esetén szükséges. Hangsúlyt érdemel a tanulók előtt, hogy több ezer éves módszerről van szó.

Az árnyék hossza

Az árnyék hossza az árnyékvető rúd segítségével olvasható le. Az árnyék jól szemlélteti a napmagasság változását keléstől delelésig, deleléstől nyugvásig. A különböző évszakokban végzett árnyék megfigyeléssel a Nap éves látszómozgása is szemléltethető. Érdekes következtetések vonhatók le egy decemberi

és egy májusi delelési árnyék hossza között. Fontos mérés végezhető a napéjegyenlőségi napokon (március 21-én, illetve szeptember 23-án). Az árnyék hosszának lemérése után, a rúd mozgásának ismeretében, középiskolában kiszámítható a napsugarak beesési szöge.

Az árnyék elmozdulási iránya

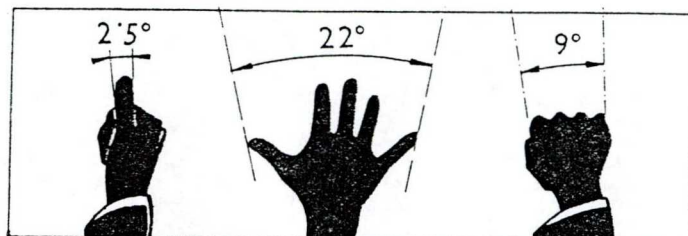
Az elmozdulási irány nyugat-keleti. Ebből levezethető a Föld forgási iránya, sőt mérhető forgási sebessége adott földrajzi szélességre (főiskolai, egyetemi tananyaghoz). Az elmozdulás, a Nap helyzetének látszólagos változása lassú - főként az általános iskolások számára -, nem túlságosan látványos szemléltetés. Ez hihetetlenül felfokozható egy távcső segítségével, amelynek látómezejéből pillanatok alatt kicsúszik a Nap a Föld forgásának következtében. Távcső birtokában jelentősen megnő a közvetlenül szemléltethető folyamatok, jelenségek száma.

A Nap fizikai tulajdonságai

A megfigyelések történhetnek szabad szemmel vagy távcső segítségével.

Megfigyelés szabad szemmel

Leggyakrabban a szabad szemmel történő megfigyelésre van lehetőség. Ilyenkor jól látható a napkorong alakja, vakító sárga színe. Magas napállásakor történő megfigyeléseknél ügyeljünk, a tanulók, megfigyelők szemének védelmére, alkalmazzunk kormozott üveget, hegesztő szemüveget, vagy feketére exponált negatívfilmet. A Nap méretét, az égbolton elfoglalt helyét mérhetjük műszerek nélkül, kezünk segítségével is. Az ellenőrzött mérések alapján az alábbi ábrák szerint használjuk mérésre kézfejünket, ujjainkat. Az ábra számadatai fokértékeket jelölnek. Kinyújtott kar esetén az ujjaink, kezünk az égbolt megadott értékű területét fedik le.



2. ábra

A szabad szemmel történő napmegfigyelés leglátványosabb részét képezi a napnyugta és a napkelte. Erre tanóra keretében ritkán (0. óra) van lehetőség, de szakköri foglalkozáson, tanulmányi kirándulásokon elvégezhető. Ajánlott megfigyelési szempontok: A Nap színváltozása - a légkör szerepe, összetétele; a fény terjedése, szóródása ebben a közegben. A Nap alakja és annak változása - refrakció. A Nap mérete - optikai csalódások. A környezetismeret csillagászati anyagából az egyetemi tananyagig szükséges a jelenségnek szemléltetése és hozzá kapcsolatan, az életkori sajátosságoknak megfelelően történő magyarázat. A napnyugta (napkelte) az egyik legjobban - folyamatában - szemléltethető jelenség, amelyhez számtalan csillagászati, földrajzi ismeret kapcsolható. A jelenség rövid, néhány perces, gyors változásokkal zajló folyamat a közvetlen szemléltetés ideális tárgya. A megfigyelés többször ismételhető, esetleges eltérések jól láthatók. Például: megfigyelés hegytetőről és síkterületről, esetleg egyidőben időkülönbség-méréssel - jól bizonyítja a horizont (látóhatár) változását. A méretváltozás látszólagosságát jól szemlélteti, ha a lenyugvó (felkelő) Napot kartonon vágott lyukon keresztül figyeljük, eltakarva a szemünket megcsaló felszíni tárgyakat.

Megfigyelés távcsővel

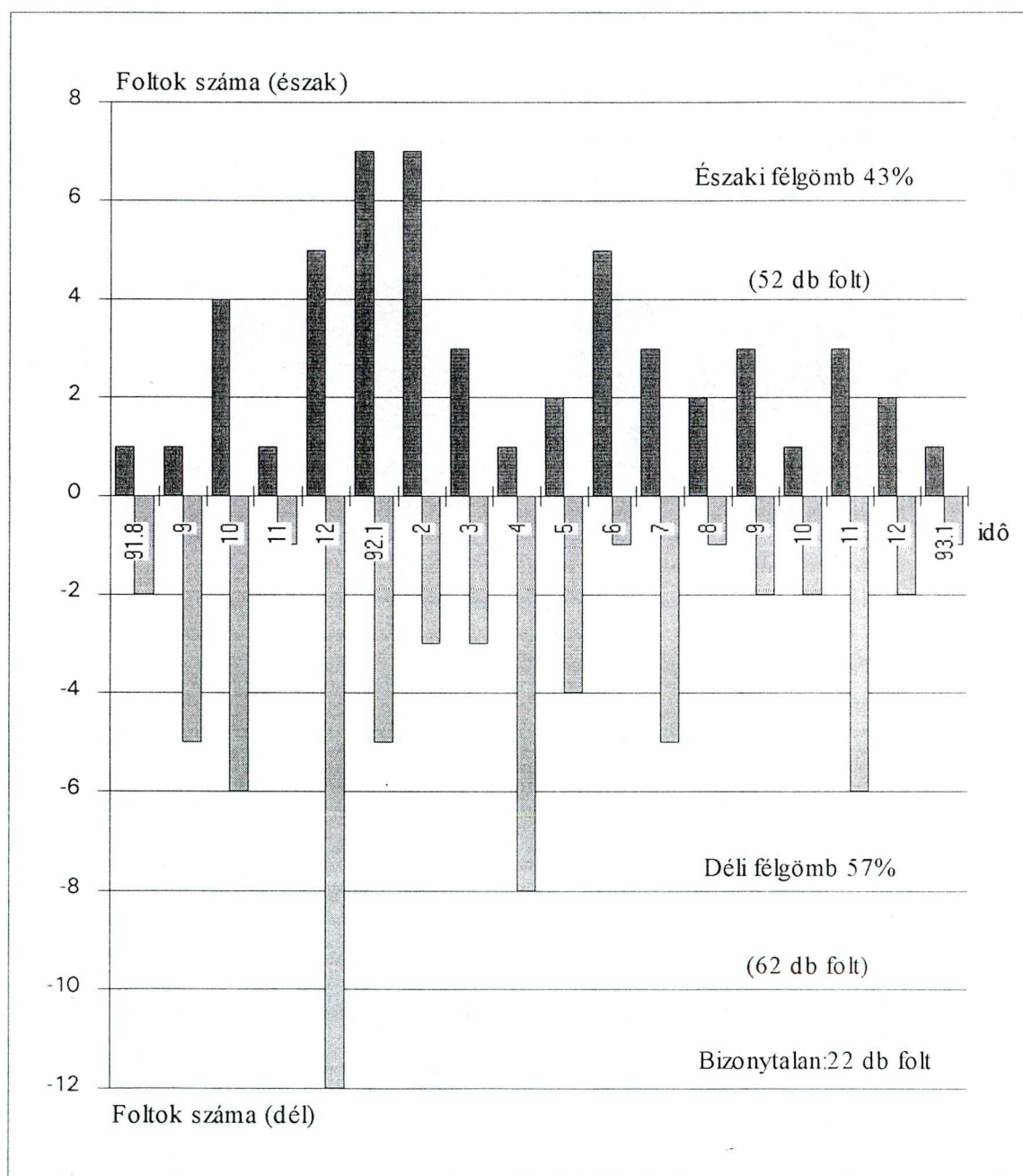
A megfigyelő munkája itt elsősorban a Napfelszín, a fotoszférajelenségek, a napfoltok és esetleg a napfáklyák észlelésére terjedhet ki. A csillagászati szemléltetés többi ágával szemben nem a gyenge fény, hanem a

fénybőség jelent problémát. Alapvető szabály, ha távcsővel mutatjuk be a Napot, fényszűrőket kell használni, mert a tanulók (hallgatók) szeme tartós károsodást szenvedhet a lencse által összegyűjtött igen erős fénytől. A Nap megfigyeléséhez minden távcső alkalmas, de természetesen előnyösebbek a kis fényerejű műszerek. A távcsöves szemléltetés kétféle módon történhet. Az általában adott 30 fő esetében az úgynevezett okulár-kivetítéses módszer alkalmazható hatékonyan. Módszertani alapszabály, hogy a szemléltetés akkor hasznos, ha az mindenki számára jól látható. A kivetítéses módszer ezt lehetővé teszi. A projekció bármilyen vetítővászonra, papírlapra történhet. A Napra irányzott távcső mögé helyezzük a vetítő felületet, és azon nagy méretben jelenik meg a Nap korongja. A napképet veszély nélkül nézhetjük, és a papírra nagy pontossággal átmásolhatjuk. Célszerű a távcsőre kartonból vagy vékony lemezből árnyékvetítőt helyezni, így a napsugarak nem homályosítják el a vetített képet. A kép minőségét javítja, ha a papírfelület kissé sárgás.

A szemléltetés történhet a fényszűrőkkel felszerelt távcsövön keresztül is. Ez kisebb csoportok esetén alkalmazható, mert egyszerre csak egy személy figyelheti meg a Napot és ez időigényesebb. A vezető tanár ilyen bemutatásnál minden megfigyelő előtt győződjön meg arról, hogy a napsűrők a helyükön vannak-e, és a tanulók látják-e a viszonylag szűk látómezőben a szemléltetés tárgyát. A távcsöves napmegfigyelések alapvetően a napfoltok és esetenként a napfáklyák szemléltetését teszik lehetővé. A legegyszerűbb és leggyorsabban végezhető napészlelési program a napfoltszám meghatározása. Ez a művelet tanítási óra keretén belül végrehajtható. Megfigyelhető a foltok elhelyezkedése és mozgása is. Szakköri foglalkozásokon ez a szemléltetési eljárás bővíthető a napfoltok rajzolásával, illetve fényképezésével. Ennek módszereiről részletes szakirodalom áll rendelkezésre. (Kulin, 1980)

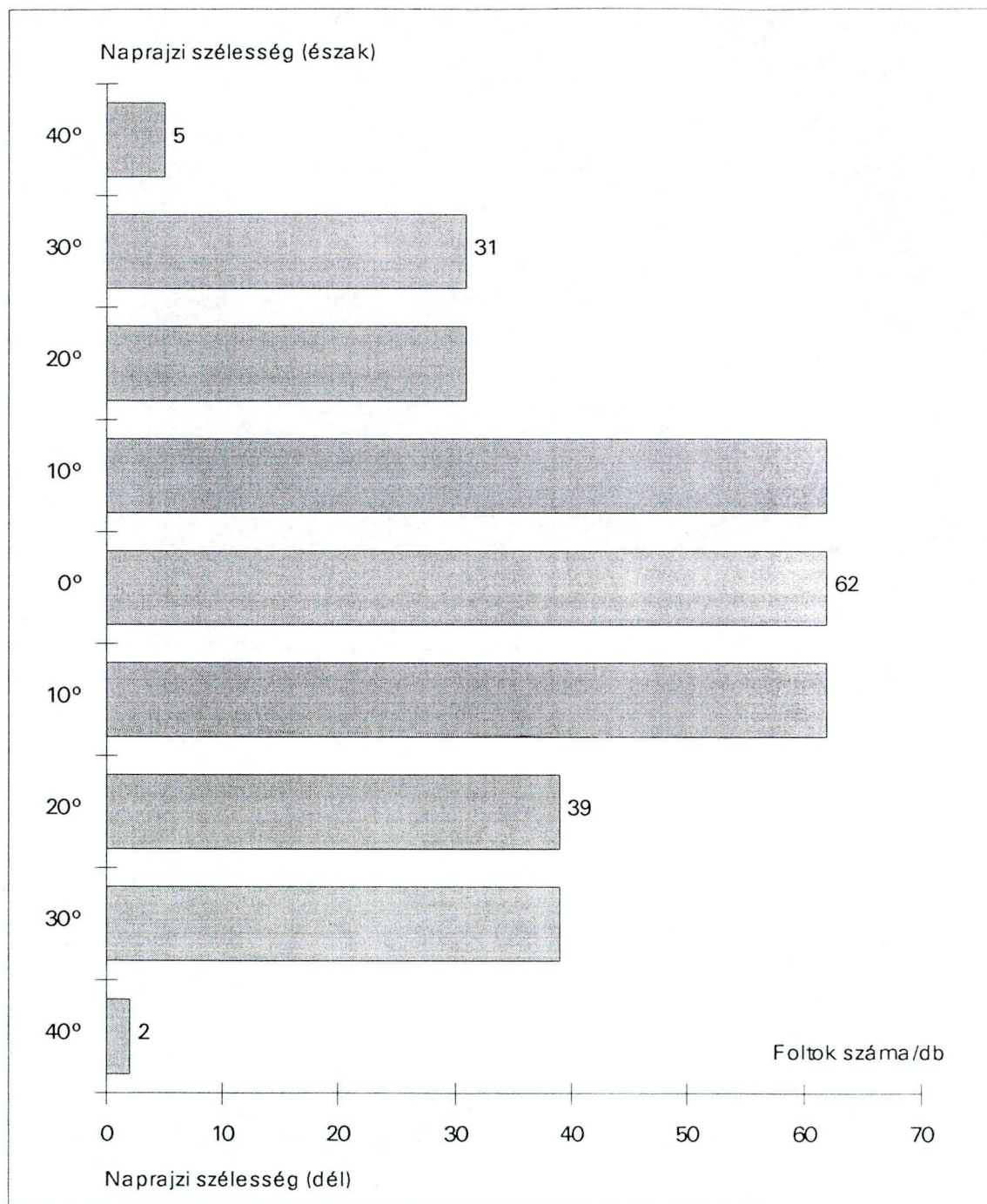
Az égbolt az egyik legjobb oktatás módszertani eszköz. A következő négy oldalon Gyenizse Péter III. évfolyam földrajz szakos hallgató észlelési adatainak grafikonos ábrázolása látható. A két évig tartó napmegfigyelés legjelentősebb eredménye nem a tudományos érték, hanem egy rendszeresen végzett adatgyűjtés, mint hallgatói tevékenység. Ez a munka, mint motiváció jobban működik, mint bármely szemléltetési eljárás.

Napfolt-megfigyelés adatainak kiértékelése diagrammon
(hallgatói munka 1991 aug.-1993 jan.)

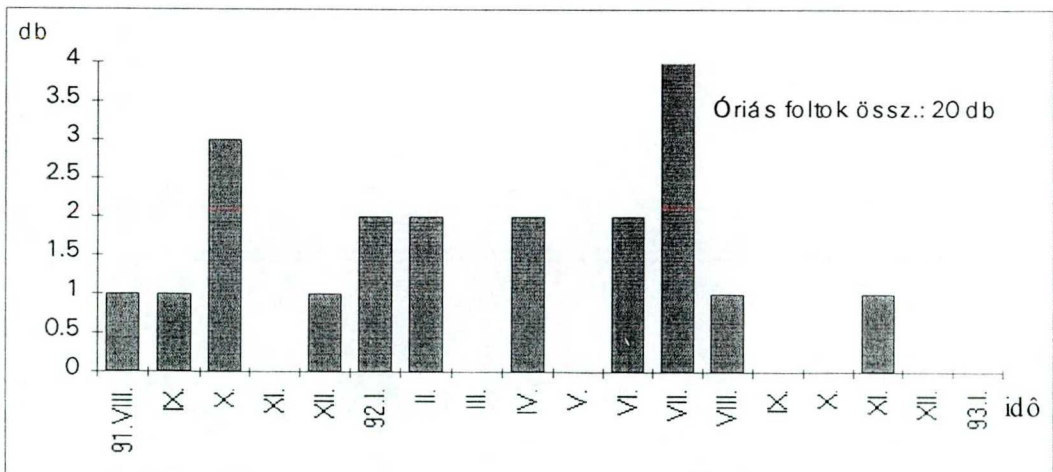
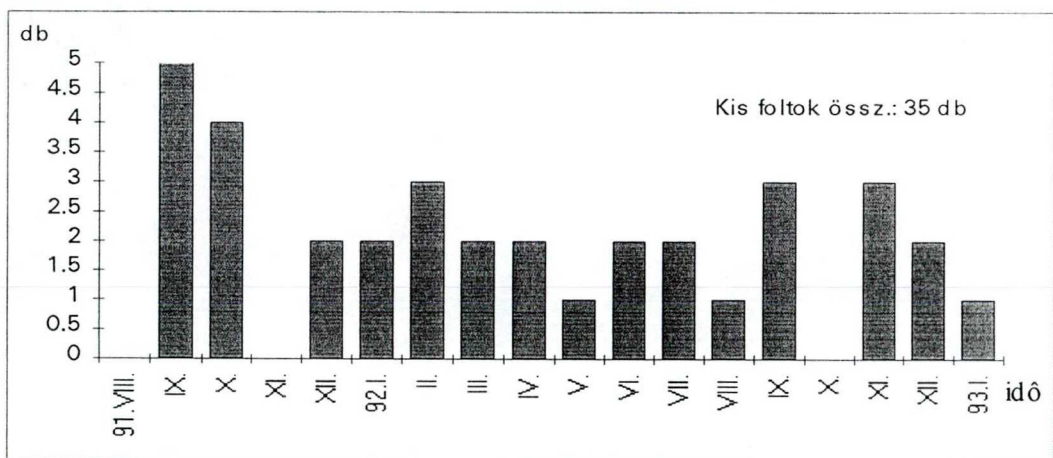
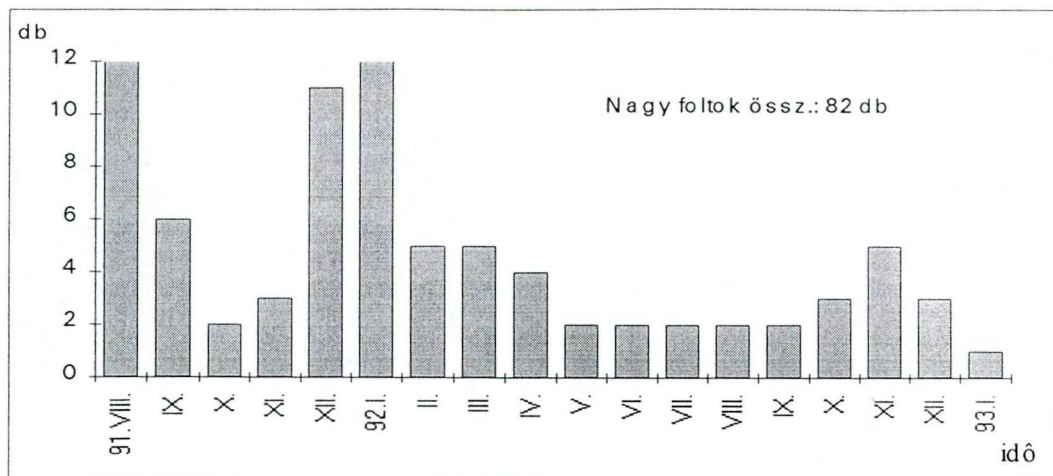


1.grafikon

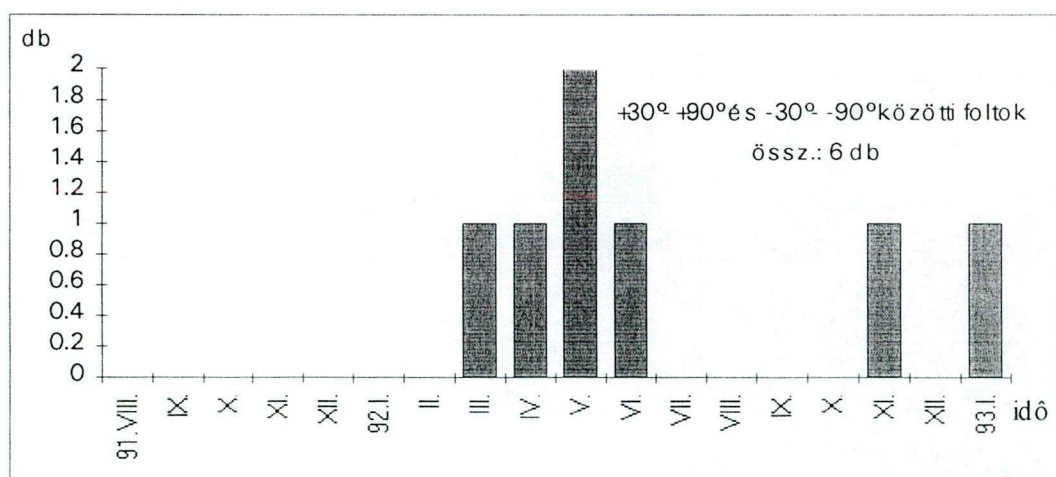
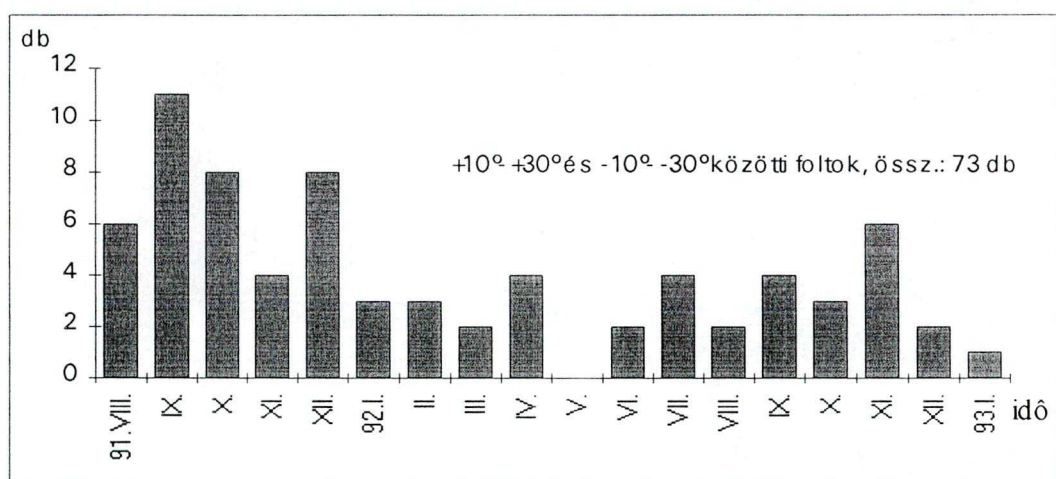
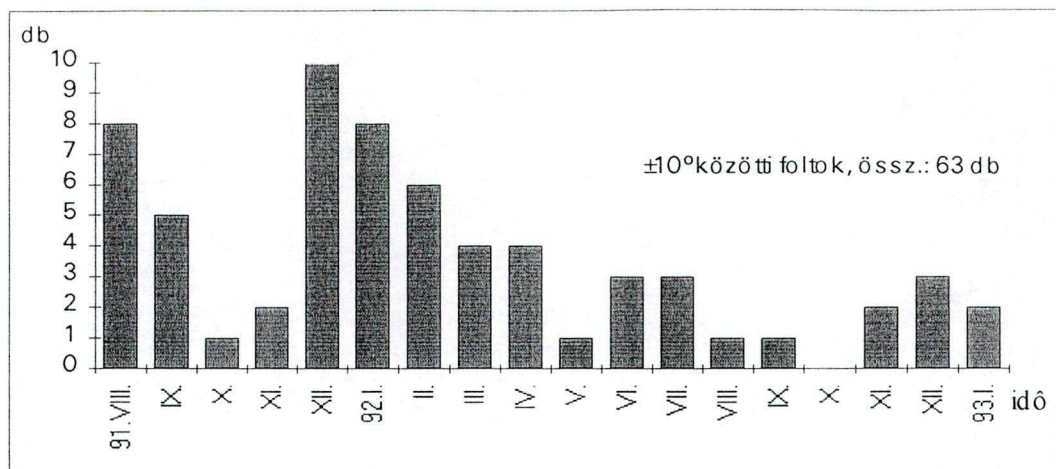
A napfoltok elhelyezkedése az Északi, ill. Déli félgömbön



2.grafikon A napfoltok eloszlása a naprajzi szélesség szerint



3.grafikon A megfigyelt napfoltok száma a nagyságuk szerint



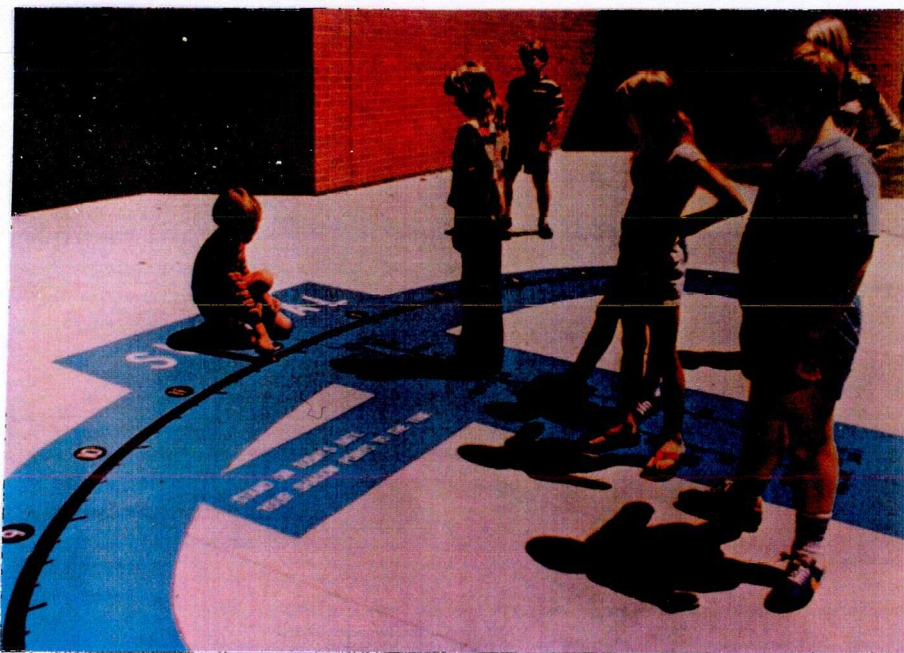
4.grafikon A napfoltok számának alakulása különböző szélességeken

Szemléltetés napórával

A Nap, a Föld látszó- és valóságos mozgásainak, valamint ezek kombinációinak szemléltetésére és a hozzájuk kapcsolódó csillagászati alapfogalmak tisztázására a legalkalmasabb a napóra készítése, illetve bemutatása. Többféle napóra készíthető akár méretét, akár felépítését, működési elvét nézzük.

a) Az analemmatikus napóra

A már jól ismert szemléltetésben felhasznált árnyékvető rúd (gnómon) segítségével is készíthetünk napórát. A delelő nap által vetett árnyékpontok, ha rendszeresen jelöljük és összekötjük őket, egy nyolcas alakú görbét rajzolnak ki. Ez az analemma. Nyáron, amikor a Nap magasan delel, az árnyékvég a rúd talppontjához közel esik, télen ettől távol. Ezeket a pontokat dátummal megjelölve, számskálával ellátva napóráként használhatjuk. A képen jól látható a napóra használata.



1.kép Az analemmatikus napóra

A tanulónak az analemma görbe azon helyére kell állnia, ahol az aznapi dátum szerepel és saját árnyéka (vagy annak meghosszabbított vonala) elmetszi

a számskálát, megmutatva a helyi valódi időt. Az analemma, a napóra lelke, egy év alatt jelölhető ki. Mérete az árnyékvető rúd hosszától függ. A számskála egyenközű beosztással egyszerűen felrajzolható. Az analemmatikus napóra nagyon szemléletes, cselekedtető módon (maga a tanuló az óramutató) használható időmérésre. Elkészítése hosszadalmas, így csak használata oldható meg tanítási órán belül.

Az analemmatikus napórával kapcsolatban konkrét terveket készítettem. Szerettem volna a gyakorlatban is tapasztalni működését, hasznosíthatóságát. A terveket bemutattam, és a Komlói Önkormányzat lehetőséget és helyet biztosított az analemmatikus napóratervnek. A város egyik általános iskolájának udvarán szerkeszttem ki az analemma görbét a tavaszi napéjegyenlőség idején 1994-ben. Ezúton is szeretnék köszönetet mondani Tóth József polgármesternek.

b) Az ekvatoriális napóra

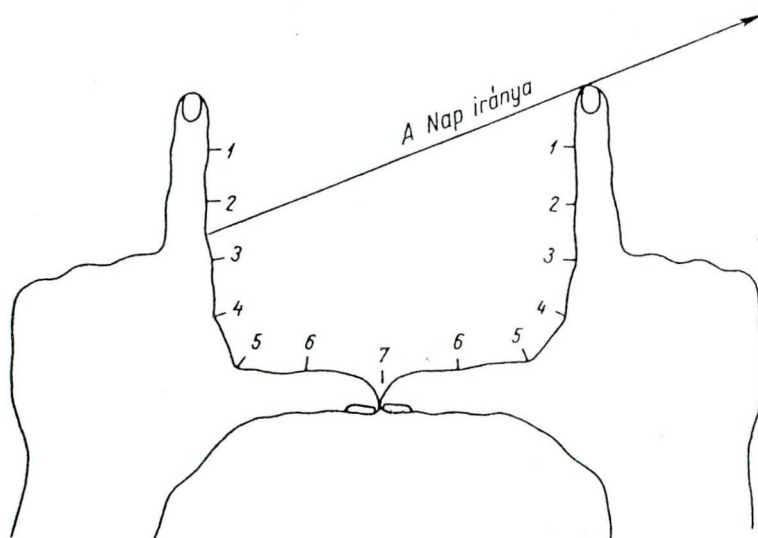
Ez a napóra típus percek alatt elkészíthető (egyszerűbb formában) és működtethető. Lényege, akár minden tanuló készít egy-egy darabot kis méretben, akár közösen készül egy nagyobb napóra, hogy árnyékvető rúdja az adott hely földrajzi szélességének (φ) megfelelő szöget zárjon be a vízszintes síkkal. A számlap egy 24 részre felosztott kör (az éjszakai órákat szükségtelen jelölni). Ezt követően a számlap 12-es számát a déli irányba kell fordítani, és a pálca árnyéka mutatja a helyi valódi időt. Ez az egyszerű kivitelezésű napóra azonban csak magas napálláskor működik (csak ekkor tud árnyékot vetni a ferde rúd), így tanácsos március 21. és szeptember 23. között tervezni készítését és bemutatását.

c) A horizontális napóra

A számla beosztása szerkesztéssel készíthető el, így csak szakkörön vagy szakmai gyakorlaton alkalmazható szemléltető eszköz.

d) A kéz-napóra

Ez a "napóra" mindig kéznél van, és az ábra szerinti kéztartás esetén a napkelte utáni, illetve napnyugta előtti időt adja meg az itt látható óraszámolás segítségével. Szükséges hozzá az aznapi napkelte, illetve napnyugta időpontjának ismerete. A "napóra" főként ősszel és tavasszal mutatja pontosan az időt.



3.ábra Kéz-napóra

A napfogyatkozás megfigyelése

Életre szóló élményt jelenthet egy napfogyatkozás megfigyelése a tanulók számára. Óriási pedagógus-szerencse kell ahhoz, hogy ez éppen a földrajzóra idején következzen be. E ritka jelenség azonban előre kiszámítható és a csillagászati évkönyvből bárki tervezheti bemutatását. A napfogyatkozások félelmetesen szép látványa megérdemli, hogy ritkasága ellenére is szerepeljen a csillagászati földrajz szemléltetési programjában. A jelenség évente 2-5

alkalommal következhet be. Hazánkban azonban ritka jelenség a napfogyatkozás. (A következő időpontok felsorolásával szeretném segíteni azok munkáját, akik közvetlenül és nem csak képeken szeretnék tanítványaiknak bemutatni a jelenséget). Napfogyatkozások 1993-2009 között. A megjelölt időszakban 11 teljes 1 gyűrűs-teljes, 10 gyűrűs és 11 részleges napfogyatkozás látható bolygónkról. Ebből hazánk területét az 1999. augusztus 11-i teljes napfogyatkozás érinti, mely délben 2m3s ideig figyelhető meg.

1993. május 21. <i>részleges</i>	2002. június 10. <i>gyűrűs</i>
1994. november 3. <i>teljes</i>	2002. december 4. <i>teljes</i>
1995. április 29. <i>gyűrűs</i>	2003. május 31. <i>gyűrűs</i>
1995. október 24. <i>teljes</i>	2003. november 23. <i>teljes</i>
1996. április 17. <i>részleges</i>	2004. április 19. <i>részleges</i>
1997. szeptember 2. <i>részleges</i>	2004. október 14. <i>részleges</i>
1997. március 9. <i>teljes</i>	2005. április 8. <i>gyűrűs-teljes</i>
1998. február 26. <i>teljes</i>	2005. október 3. <i>gyűrűs</i>
1998. augusztus 22. <i>gyűrűs</i>	2006. március 29. <i>teljes</i>
1999. február 16. <i>gyűrűs</i>	2006.szeptember 22. <i>gyűrűs</i>
1999. augusztus 11. <i>teljes</i>	2007. március 19. <i>részleges</i>
2000. december 25. <i>részleges</i>	2007. szeptember 11. <i>részleges</i>
2000. február 5. <i>részleges</i>	2008. február 7. <i>gyűrűs</i>
2000. július 1. <i>részleges</i>	2008. augusztus 1. <i>teljes</i>
2000. július 31. <i>részleges</i>	2009. január 26. <i>gyűrűs</i>
2001. július 21. <i>teljes</i>	2009. július 22. <i>teljes</i>
2001. december 14. <i>gyűrűs</i>	

(Természet Világa 1993./6)

1.táblázat Napfogyatkozások

A napfogyatkozás közvetlen szemléltetésénél a tanulók szemét védő, gondosan előkészített segédeszközökre van szükség. Az előzőekben leírt szűrők, kormozott üvegek (hegesztő szemüveg) biztosíthatják a sikeres bemutatást.

Egy lényegesen egyszerűbb és minden iskolában elvégezhető módszerre bukkantam Jukka Mattila finn középiskolai tanár cikkében.

"A napfogyatkozásokat rendszerint úgy nézzük meg, hogy az egyenesen a szemünkbe jövő napfényt kormozott üveglappal stb. megszűrjük. Van azonban egy másik lehetséges módszer, amelyhez nem szükséges semmi más, csak a Nap, a Föld és a puszta kezünk. Ez a módszer az 1976. április 29-i napfogyatkozásnál jutott eszembe. Az akkori napfogyatkozás Finnországban részleges volt, Magyarországon jóval teljesebb. Megfeledkeztem azonban a dolgról, és amikor rádöbrentem, hogy most van éppen, akkor már csak néhány perc volt hátra, hogy a gyerekeknek megmutassam. Nem volt már idő üveget kormozni a 25 gyereknek, ki kellett találnom valamit. Véletlenül a kezemre pillantottam. Ujjaim egyenesen kinyújtva egymás mellett éppen, hogy csak érintették egymást. Közöttük apróbb, nagyobb lyukak, különböző alakúak, körkörösök, téglalapszerűek. Ekkor ötlött fel bennem, hogy ezeket a lyukakat fel lehetne használni, mint egy sötétkamra részét és velük képezhetnénk le a Napot. Döntöttem, megpróbálom azt. Összegyűjtöttem a gyerekeket az iskolaudvaron és felemeltem a kezemet. A napfény átszüremlett az ujjaim közötti lyukakon és az iskolaudvar homokján összesen öt szép éles kép tűnt fel az éppen fogyatkozó Napról." (S. Tóth 1977.)

Ez a módszer lehetőséget ad arra, hogy a gyerekek nagy csoportjával egyszerre és biztonságosan figyeljük meg a napfogyatkozást. Mint tudott, a kormozott üveggel vagy filmmel való közvetlen megfigyelés minden napfogyatkozásnál okoz néhány gyermeknek szembántalmakat. Az ujjaink közötti rések helyett természetesen használható egy kartonlemezre vágott pici lyuk is.

2. A HOLD SZEMLÉLTETÉSE

A Nap után a Hold közvetlen szemléltetése a leglátványosabb. Igaz, látszó fényessége csak fele a Napénak, de utolsó negyedkor jól látható a nappali égbolton is. Szemléltetése történhet tanítási óra keretében.

Mozgás

A Hold az egyetlen égitest, amely a Föld körül kering, így naponkénti elmozdulása a legszembeütőbb. Ennek szemléltetését a Naphoz viszonyított Holdállás biztosítja a legjobban. Az alsó tagozat 4. osztályában az égtájak alapján határozhatjuk meg a Hold és a Nap helyét. A megfigyelést egy nap múlva megismételjük. Jól látható, hogy a Hold kelése és nyugvása majdnem egy órával (52m) eltér a Napétól. Így rövid idő alatt szemléltethető a Hold földkörüli keringése. A Hold forgásáról már az első rápillantás alapján kapunk információkat. A szabad szemmel is látható mendencéket (Mare-k), sötét foltokat figyelve nem látunk elmozdulást, ebből rögtön tudhatjuk, hogy a Hold forgása biztosan lassúbb, mint a Földé. Az elmozdulást egy hónap alatt sem vesszük észre, ez a kötött forgás bizonyítéka. A kötött forgású égitestek keringési és forgási periódusa teljesen megegyezik. Ezért látjuk Holdunknak mindig ugyanazt az oldalát.

Fázisváltozások

Hold földkörüli keringésének következményei a jól szemléltethető fázisváltozások. A Hold fázisváltozásainak szemléltetése kiemelten fontos feladat. A tapasztalatok szerint a tanulók elképzelésében a Föld árnyéka okozza a Hold alakváltozásait. A Föld árnyéka valóban eltakarhatja a Holdat, de csak ritkán, a Holdfogyatkozások idején. A Hold mozgásainak és fényváltozásainak együttes közvetlen szemléltetése egyszer és mindenkorra eloszlatja a tanulóknál a Föld árnyékvető szerepét. A holdfázisok felhasználhatók tájékozódásra, sőt az égtájak meghatározására is. Az égtájak kijelöléséhez ismerni kell a holdfázis pontos napját. A megfigyelést 18 órakor a legjobb

végezni. Ebben az esetben a telihold a nyugati, az elsőnegyed a déli, míg az utolsó negyed fázisában lévő Hold az északi irányban látható.

Hold közvetlen szemléltetése a legnagyobb élményt a távcsöves bemutatáskor nyújtja. Többéves csillagvizsgálóban végzett munkám meggyőzött arról, hogy minden tanulónak életében legalább egyszer távcsővel kell megfigyelnie a Holdat. Az égitest megdöbbenő plasztikussága, a karnyújtásnyira látszó hegyek és kráterek sokaknak életre szóló élményt jelentenek. A szemléltetés hatása fokozható, ha a tanulók a megfigyelt területeket megkeresik a holdtérképen. A szemléltetés a látott felszín lerajzolásával és lefényképezésével kiegészíthető. Ezeket a gyakorlatokat főként szakkörökben, nyári szakmai táborokban érdemes elvégezni, mivel hatékonysága csak többszöri ismétlés után mérhető. A Holddal kapcsolatos megfigyelések sorában szerepel néhány, amely a légkör állapotáról ad információt. így inkább a meteorológia hasznosíthatja. Ilyen, szabad szemmel megfigyelhető jelenség a hamuszürke fény (a Földről visszaverődő napfény, a holdgyűrű és holdudvar). A Holdat sohasem szabad teliholdkor szemléltetni. A teljesen megvilágított felületen nem látszanak a kráterek, hegységek, felszíni alakzatok. A megfigyelésre legalkalmasabb a terminátor (árnyékválasztó vonal), mert a fény-árnyék együttes jelenléte miatt plasztikussá válnak a formák. A Naphoz hasonlóan a Holdnál is szemléltethető a méretváltozás, amelyet holdkeltekor lát szemünk az optikai csalódás következtében. Ugyanekkor figyelhető meg a vörös szín is, amelyet a légkörön áthaladó hosszú hullámú fénysugarak okoznak.

Holdfogyatkozás

Annak ellenére, hogy holdfogyatkozás számszerűen kevesebb lehetséges egy évben, mint napfogyatkozás, mégis az előbbi láthatjuk gyakrabban, és így közvetlen szemléltetésére is több lehetőség nyílik. A holdfogyatkozás hosszú ideig (akár 4-5 óráig tartó) jelenség, ez idő alatt a földgolyó feléről látható, nem korlátozódik szűk területre, mint a napfogyatkozás árnyéka (250 km széles). A csak teliholdkor látható jelenség szabad szemmel is megfigyelhető, így közvetlen szemléltetése bármekkora hallgatóság számára megoldható. Megfigyelési szempontok: a fogyatkozás kezdetének megfigyelése, amikor a Hold belép a félárnyékba. Fénye ekkor gyengén, de jól láthatóan elhalványodik.

A következő fázis, amikor a Föld körül keringő Hold belép a Föld teljes árnyékkúpjába. A sötétedés fokozódik, míg a Hold teljesen belekerül az árnyékkúpba. Ekkor teljes holdfogyatkozást figyelhetünk meg. Ilyenkor a Hold nem válik teljesen láthatatlanná, éppen a földlégköri refrakció miatt. Egészen sötét vörössesszürke fényben láthatjuk. Ezt követően megkezdődik a teljes árnyékból való kilépés, és negyedik fázisként a Hold elhagyja a félárnyék területet is. Amikor a Hold csak a félárnyék területét érinti, ekkor részleges a fogyatkozás.

A jelenség 1993. és 2009. között az alábbi időpontokban szemléltethető:

1993. június 4. <i>teljes</i>	2001. július 5. <i>részleges</i>
1993. november 29. <i>félárnyékos</i>	2001. december 30. <i>részleges</i>
1994. május 25. <i>részleges</i>	2002. május 26. <i>félárnyékos</i>
1994. november 18. <i>félárnyékos</i>	2002. november 20. <i>félárnyékos</i>
1995. április 15. <i>részleges</i>	2003. május 16. <i>teljes</i>
1995. október 8. <i>félárnyékos</i>	2003. november 9. <i>teljes</i>
1996. április 4. <i>teljes</i>	2004. május 4. <i>teljes</i>
1996. szeptember 27. <i>teljes</i>	2004. október 28. <i>teljes</i>
1997. március 24. <i>részleges</i>	2005. április 24. <i>félárnyékos</i>
1997. szeptember 16. <i>teljes</i>	2005. október 17. <i>részleges</i>
1998. március 13. <i>félárnyékos</i>	2006. március 14. <i>félárnyékos</i>
1998. augusztus 8. <i>félárnyékos</i>	2006. szeptember 7. <i>részleges</i>
1998. szeptember 6. <i>félárnyékos</i>	2007. március 3. <i>teljes</i>
1999. január 31. <i>félárnyékos</i>	2007. augusztus 28. <i>teljes</i>
1999. július 28. <i>részleges</i>	2008. február 21. <i>teljes</i>
2000. január 21. <i>teljes</i>	2008. augusztus 16. <i>részleges</i>
2000. július 16. <i>teljes</i>	2009. február 9. <i>félárnyékos</i>
2001. január 9. <i>teljes</i>	2009. augusztus 6. <i>félárnyékos</i>

(Természet Világa 1993./6)

2. Táblázat Holdfogyatkozások

3. EGYÉB CSILLAGÁSZATI OBJEKTUMOK

Kizárólag az esti, illetve éjszakai égbolton végezhető a bemutatás, így tanítási óra keretein belül nem megoldható. A távcsövek használatát, paramétereit az észlelési munka folyamatát az Amatőr Csillagász kézikönyvből részletesen megtudhatják a szakkörök érdeklődő tanulói.

Bolygók

Szabad szemmel öt bolygó mutatható be, de csak helyzetük meghatározása, mozgásuk és azonosításuk lehetséges. További részleteket távcső segítségével figyelhetünk meg. A bolygók megfigyelésére nem minden időszak alkalmas. A külső bolygók (Mars, Jupiter, Szaturnusz, illetve Uránusz, Neptunusz) szemléltetésére a legalkalmasabb időszak az oppozíciók körül van, mert ilyenkor a bolygók az éjszaka nagy részében jól megfigyelhetők.

A belső bolygók a legnagyobb keleti és nyugati elongáció idején alkalmasak bemutatásra. Ezek az égitestek szürkület idején láthatók, ezért megfigyeléskor ajánlatos sárga szűrőt használni.

M e r k u r

Egyike a legnehezebben megfigyelhető bolygóknak. Tavasszal a nyugati, ősszel a keleti égbolton látható. Legfontosabb vizsgálati szempont a Holdéhoz hasonló fázisváltozások szemléltetése. Érdekes a hétévenként bekövetkező jelenség, a Merkúr átvonulása a Nap előtt. Az ezredfordulóig még kétszer, 1993. november 6-án és 1999. november 14-én látható.

V é n u s z

Közismert nevén az Esthajnalcsillag, a Naprendszer legfényesebb bolygója; megfigyelésére már egészen kis távcső is elegendő. Szemléltetésre fázisváltozásai alkalmasak.

M a r s

A bolygó színe, mozgása (hurokmozgás), felszíni alakzatai figyelhetők meg közvetlenül.

J u p i t e r

A bolygóforgás gyors, többrás megfigyeléssel már szemléltethető. Légköri képződmények, "csíkok", vörös folt igen látványos, jól rajzolható. Holdjainak megfigyelése (a négy Galilei-féle hold) már binocularral is bemutatatható. Folyamatos megfigyelése (egy hét) gyönyörűen szemlélteti egy "mini naprendszer" mozgásait, működését.

Szaturusz

Legfontosabb a gyűrű szemléltetése, de megfigyelhető néhány nagyobb, fényesebb holdja is (például a Titán).

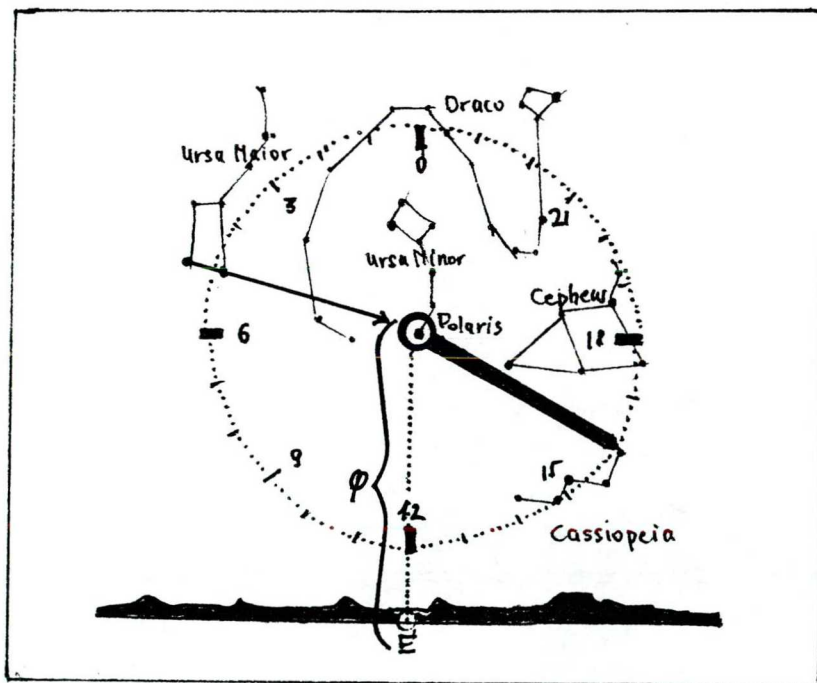
Az Uránusz és a Neptunusz bolygók közvetlen megfigyelése csak nagyobb távcsövekkel végezhető.

Csillagok megfigyelése

Szabad szemmel a csillagok színe, elhelyezkedése, fényessége szemléltethető. Mozgásuk a földforgás tükörképeként már egy éjszaka is jól érzékelhető (napi mozgás). A Föld Nap körüli keringése szintén megmutatkozik a csillagok mozgásában, de ezt csak huzamosabb ideig tartó szemléltetéssel bizonyíthatjuk a tanulók számára. A csillagok közvetlen bemutatása csillagászati földrajzi gyakorlatok elvégzését is lehetővé teszi. Kitűzhetjük az égtájak pontos helyét, például a Sarkcsillag segítségével. (Csillagtérkép felhasználásával azonosíthatók a legfontosabb csillagképek is.) A földrajzi szélesség meghatározása a Polaris (Sarkcsillag) segítségével történhet. Több csillag segítheti még tájékozódásunkat. A felsőfokú képzésben szereplő égi koordináta-rendszerek elsajátításához szükséges ezen égitestek ismerete.

Ezt segítik az alábbi csillagok. Az égi egyenlítőt azonosíthatjuk például az Orion csillagkép Alnitak, Alnilam és Mintaka nevű csillagaival (öv csill.), vagy a Cet csillagkép Mira nevű csillagával. Az ekliptikát (a Nap látszó pályáját) a Regulus (Leo), a Spica (Virgo) csillagok segítségével rajzolhatjuk fel gondolatban az égboltra. A csillagokat jól használhatjuk időmérésre is. Ilyen időmérő az ún. Cassiopeia óra, amelynek segítségével akár félórás pontossággal mérhetjük a csillagidőt:

A "W" betű szélső csillaga a Cassiopeia csillagkép béta jelzésű Caph nevű csillaga. E csillagot összekötve a Sarkcsillaggal, az égboltóra mutatóját kapjuk. Amikor ez a képzeletbeli mutató az égi pólus fölé mutat (ld. ábra), a csillagidő 0 óra, amikor az északi pólus nyugati oldalán van (bal kezünk felé), akkor 6 óra, ha lefelé, a horizont felé, akkor 12 óra és ha a jobb kéz felé, akkor a csillagidő 18 óra. Mivel a "W" forma hossza kb 2 óra, így az öt csillaggal 30 perces pontossággal leolvasható az idő.



csillagok megfigyelésének része a Tejút megfigyelése. Erre - a közhiedelemmel ellentétben - nemcsak nyáron, hanem télen is van lehetőség. Ez az egyetlen, amellyel közvetlenül szemléltethetjük (szabad szemmel) galaxisunk szerkezetét. A szemléltetés alapvető feltétele a városi fényektől, szennyezőanyagoktól mentes, tiszta levegőjű megfigyelőhely.

Meteor-megfigyelés

Szabad szemmel végezhető megfigyelés, amelynek teljes sikerét nem lehet biztosítani. Az év bármely éjszakáján (hajnalán) kísérletezhetünk felvillanó meteorok bemutatásával. Ezt a jelenségcsoporthoz nehéz, sőt lehetetlen frontálisan szemléltetni, mert a legritkábban tekint minden tanuló abba az irányba, ahol éppen felizzik egy meteor. Így egyéni munkaként végezhető. A tanári irányítás a megfigyelési szempontok közlésére terjedhet ki. Szempontok a meteor megfigyelésénél: a feltűnés időpontja, a feltűnés és eltűnés helye (csillagokhoz viszonyítva), a fényesség, a pálya hossza. Az ajánlott megfigyelési időpontok a csillagászati évkönyvben megtalálhatók, ahol jelzik a meteorraj nevét és várható felvillanási területét. Legfényesebb felvillanások a Perseida (augusztusi) és Orionida (októberi) meteorrajokban láthatók. A meteoritok közvetlen szemléltetésére a lehető legjobb módszer a múzeumi gyűjtemények bemutatása. Több éves tapasztalatom, hogy az ilyen jellegű tanulmányutakon közös megfigyeléssel lehet leghatékonyabban szemléltetni. A prágai Cseh Nemzeti Múzeum meteorit-gyűjteménye világhírű, amelyet évente megtekintünk hallgatóinkkal és feldolgozzuk az ott kiállított meteoritokat típusuk, időbeli és térbeli felfedezésük alapján.

Üstökösök

Az üstökösök megfigyelése a fogyatkozásokhoz hasonlóan igen ritkán lehetséges. Az ismert üstökösök láthatósági adatait a csillagászati évkönyvekben találhatjuk meg.

IV. KÍSÉRLETEK

Kísérletek földgömbbel

A tantermi körülmények között a glóbusz segítségével a Föld mindenfajta mozgását szemléltethetjük. Vetítővel (lámpával) világítsuk meg a gömböt a sötét tanteremben, miközben nyugatról kelet felé forgatjuk. Lehetőség szerint a fényforrást minél messzebb helyezzük a földgömbtől, hogy a megvilágítás a valóságoshoz mind jobban hasonlítson (párhuzamosan érkező napsugarak). A Föld napkörüli keringését demonstrálja a tanterem közepén elhelyezett fényforrás körül mozgatott földgömb. A kísérlet közben ügyelni kell a tengelyferdeség $66,5^\circ$ -os értékének állandóságára. Nevezetes napok kiemelése fontos része a kísérletnek. A napsugarak beesési szöge fontos megfigyelési szempont. Középiskolában, főiskolán a terminátor vonal (árnyékválasztó) és a szélességi körök által bezárt szögből a $90^\circ - \delta$ kaphatjuk meg. Megfigyelési szempont a cirkumpolaritás és zenitális delelés földrajzi elhelyezkedése. A földgömbi kísérlet egyik fő célja az övezetesség (szoláris övek) jelenlétének felismerése.

A tanterem közepén elhelyezett lámpa köré - ha van rá lehetőség - négy földgömböt helyezünk el úgy, hogy azok a nevezetes napoknak megfelelő helyen álljanak. Így egyszerre szemléltethetjük a napéjegyenlőségi helyzetet és az évszakok váltakozásának okát. Ennek a kísérletnek a kiegészítésével bemutathatók a fogyatkozások.

Egy arányaiban megfelelő méretű golyót (labdát) Holdként mozgatunk a Föld körül és megfigyelhető, miként vonul végig a golyó árnyéka a Földgömb adott területén. Ügyeljünk a valósághű bemutatásra, hogy a golyó csak kis területre vessen árnyékot. Ugyanekkor bemutatható a holdfogyatkozás is. Jól érzékeltethető, hogy a Föld hatalmas árnyékkúpjában hosszú ideig tartózkodik a golyó (Hold). Azokban az iskolákban, intézményekben, ahol erre lehetőség van, az előbbieken vázolt kísérleteket tellúrium segítségével lehet nagyon pontosan szemléltetni.



2.kép Tellúrium

A következő kísérlet a holdi becsapódási kráterek kialakulását szemlélteti a terepasztalon. Ehhez különböző méretű vasgolyócskákra van szükség. A terepasztal homokját a bemutatás előtt enyhén nedvesítsük meg és erre ejtsük rá - lehetőleg minél magasabbról - a kisebb-nagyobb golyócskákat. Azok becsapódva gödröcskéket hoznak létre hasonlóan a Hold felszínéhez. A Hold tanításakor nem szabad elmulasztani a kőzetek bemutatását. Természetesen senkinek sem áll rendelkezésére holdközet, de mai ismereteink szerint a Föld bazaltjai rokonságot mutatnak a Hold felszínén találtakkal. Természetesen fontos hangsúlyozni az eltéréseket is. (A holdi bazalt az ún. KREEP-bazalt a magas K-kálium, a REE a ritka földfémek és a P, a foszfortartalom miatt.)



3.kép Fogatkozásokat szemléltető berendezés

V. A KÖZVETETT SZEMLÉLTETÉS

A csillagászati földrajz a legmegfoghatatlanabb, legelvontabb területe a földrajz tudományának, ebből adódóan a jelenségek, folyamatok, égitestek nagy részét az oktatásban kizárólag közvetett úton szemléltethetjük.

TANKÖNYV

A csillagászat a földrajz keretén belül szűk anyagot képvisel, így tankönyvi terjedelme is meglehetősen kicsi. E kevés tananyagban nincs lehetőség sok jó, a megértést segítő ábra, kép közlésére.

Az általános iskola 4. osztálya számára készült környezetismeret tankönyv magyarázó ábrákkal, rajzokkal szemlélteti a csillagászati tananyagot. A magyarázó rajzok tulajdonképpen a kísérleteket mutatják be valamelyik fázisukban. E tankönyvi közvetett szemléltetésnek csak a kísérletek utáni felidézés lehet a feladatuk, önmagukban az ábrák a tanulókkal nem tisztázzák lényegüket. Így például az asztalon lévő lámpa és a melléje rajzolt földgömb csak a kísérlet utáni felidézést, rögzítést segítheti. A munkatankönyv jellegéből adódóan mellőzi a fényképeket, így a csillagászat témaköréhez is csak két űrhajózási bélyegkép kapcsolódik. E hiányosságoknak egyéb közvetett szemléltetési eszközökkel történő kiegészítése, illetve pótlása elengedhetetlenül szükséges.

A nyolcadik osztályok számára készült földrajz tankönyvben a csillagászati fejezet a lehetőségekhez képest igen sok szemléltető képet, ábrát tartalmaz. Felhasználásuk, tanári irányítással történő elemzésük fontos. Ennek jelentőségét fokozza a csillagászati földrajznak a tanmenetben elfoglalt helye. A második félév végén a nyolcadik osztályban komoly problémák adódnak a tananyag feldolgozásával kapcsolatban. A tapasztalatok szerint sok helyen egyáltalán nem jut idő kísérletekre, szemléltetésre, sőt van, ahol a csillagászat teljes egészében kimarad az oktatásból. A világóra kivételével a tanulók önálló elemzéssel feldolgozhatják a tankönyv ábraanyagát.

KÉPEK ÉS VETÍTETT KÉPEK

A tankönyvek szegényes csillagászati képanyaga miatt fontos a képekkel történő közvetett szemléltetés a földrajzórákon. Korunk technikájának köszönhetően kitűnő minőségű és nagyméretű színes képanyagot lehet beszerezni a szemléltetéshez. A csillagászatban belül elősorban űrhajózási témájú fotók vannak nagy számban. Ezek beszerezhetők az ország planetáriumában (így Budapesten és Kecskeméten) és a csillagvizsgálókban. A látványos űrfotók jó eszközei lehetnek a szemléltetésnek. Ha a szemléltetés kisebb csoportnak szól vagy epizskóppal történik, néhány csillagászati könyv ajánlott. A több száz színes, új fotó a legfrissebb információkat adhatja a tanulók számára.

Donald H Menzel: Csillagászat Gondolat 1980.

Joachim Hermann: Csillagászat SH Atlasz Springer Bp. 1992.

A világűr titkai, A világegyetem enciklopédiája Helikon 1992.

A nap és bolygói, A világegyetem enciklopédiája Helikon 1992.

Bolygónk születése, A Föld enciklopédiája Helikon 1991.

A vetített kép talán a legelérhetőbb szemléltetési lehetőség minden iskola számára. Hazánkban csillagászati diasorozatok készítésével, téma szerinti összeállításával a budapesti Uránia Bemutató Csillagvizsgáló (Budapest, Sándor u. 3/b.) és a TIT Természettudományi Stúdió (Budapest, Bocskai u. 46.) foglalkozik. A lektorált diasorozatok - akár hangosított anyaggal együtt is - megrendelhetők. Az összeállított anyagok igazodnak az általános és középiskolai tananyaghoz. Az alábbi témájú sorozatokat lehet megrendelni: A Föld, mint égitest; A Naprendszer; A csillagok világa; Az ember és a Kozmosz. Természetesen diapozitíveket készíthet bárki saját kezűleg is. Ezek között nagy jelentőségűek a nem reprodúcált, hanem a valódi égről készített képek. Például napfogyatkozás, holdfogyatkozás vagy egyszerűen a Hold és a bolygók teleobjektívvel készített képe. Ezek természetesen nem vehetik fel a versenyt az óriás távcsövek vagy az űrállomások fotóival, de előnye, hogy a vetített képen a tanuló szinte ugyanolyannak látja az égitesteket, mint szabad szemmel, és ez segíti a közvetlen szemléltetéskor a tájékozódást, az égitestek azonosítását. Nagyon jelentősek a vetített képek közül azok, amelyek fantázia festményekről

készült égitesteket mutatnak. Segíti elképzelni egy naprendszerbeli bolygó felszíni viszonyait, fizikai tulajdonságait és a Földünkhöz való viszonyítást.

A diaképeket már a negyedik osztályosok számára is hatékonyan felhasználhatjuk egyszerű magyarázattal. A dolgozatban külön kiemelem a Tanért és az OKK (Veszprém) által forgalmazott diasorozatokat.

A sorozat részei:

- 0. Az UNIVERZUM és az ember (Tóth Árpád: Lélektől lélekig)*
- I. Az ősrobbanás*
- II. A csillagok születése és halála*
- III. A Naprendszer*
- IV. Változó csillagok*
- V. Fekete lyukak*
- VI. Csillagrendszerünk*
- VII. Az UNIVERZUM szerkezete és jövője*

A sorozat természetes felvételek, különleges technikával készült felvételek, hagyományos és komputer grafikák, valamint fantázia grafikák alapján készített felvételek segítségével szemlélteti biztos ismereteinket, illetve illusztrálja hipotéziseinket. A diaképeket és a hangkazettát olyan füzet egészíti ki, amely tartalmazza a szövegkönyvet, a képek megnevezését és azok eredetijének forráshelyeit.

MOZGÓFILM SZEMLÉLTETÉS

A csillagászatban is nagyon sok az olyan jelenség, amelyet folyamatában lehet legjobban szemléltetni. A csillagászati témájú filmek beszerzése nem egyszerű feladat. A megyei filmtárak kevés ilyen témájú filmmel rendelkeznek és azok is elavultak, fekete-fehér technikával készültek. Friss információkat hordozó csillagászati és főként űrhajózási témájú filmeket elsősorban a Budapesti Planetáriumban (Budapest, Népliget) és az orosz, illetve az amerikai nagykövetség könyvtárszolgálatánál kölcsönözhetünk. Ezeken a helyeken

ingyenesen és nagyon szívesen átadják akár több hétre is a filmeket. A képanyag jelentős része videoszalagon van. Szinte minden témában találhatunk filmet, de az űrkutatás a legbővebb terjedelmű. A filmeken kívül jól használható a televízióban vetített Kozmosz sorozat, amely a csillagászat teljes körét felöleli, így a tanítási óra anyagához kapcsolódóan bármely részlet bejátszható.

A legfontosabb, folyamatukban szemléltethető jelenségek a fogyatkozások, mivel ezek hazánkból közvetlenül rendkívül ritkán láthatók. A különböző naptevékenységi folyamatok (napkitörések, protuberanciák stb.), az űrhajózási manőverek, események és maga a Föld a világűrben, amit csak így mutathatunk be.

Külön ki kell emelni az Apolló programot, az egyetlen olyan űrhajózási vállalkozást, amely embereket juttatott a Holdra.

A mozgófilmes szemléltetés előtt fel kell hívni a tanulók, hallgatók figyelmét, hogy a bejátszáskor mit figyeljenek meg. A javasolt és beszerezhető filmek jelentős része nem magyar nyelvű, így a vetítés közben szükséges a tanári közlés.

A fogyatkozások témájú filmek bemutatásakor megfigyelési szempont a napfogyatkozás időtartama, a láthatóvá váló napkorong, és a napfogyatkozás típusa (részleges, gyűrűs, teljes). A naptevékenységeket bemutató filmen megfigyelési szempont a napkitörések formája, elszakadása a Naptól. Továbbá a protuberanciák látványos kavargása, típusa (permet eső, hurok stb.). Fel kell hívni a figyelmet a gyorsított felvételre, és hogy milyen hullámhosszon készült a film (mi látható infravörösben, röntgen-tartományban). Ezeket a valóságban sohasem szemléltethetjük. Az űrhajózási témájú filmeknél megfigyelési szempont mindenekelőtt a rakétaelv (fokozatok leválása), súlytalanság, mesterséges égitestek fajtái, pályáik (trükkfelvételeken) és a visszatérés. Külön feladat lehet az űrállomásokon folyó munka és a bolygószondák által küldött képek alapján történő bolygó-felszínek megfigyelése. A holdutazás filmjének szemléltetésekor hangsúlyozandó, az emberek megfigyelése az idegen környezetben. Mozgás, védőruha, munkavégzés. Megfigyelési szempont maga a Hold-felszín is, a "talaj", a morfológiai formák, az égbolt az óriás Földgolyóval, ami a Holdról nézve szabad szemmel láthatóan forog. A film tehát a csillagászatban sem mellőzhető és ezt éppen a fent említett tények igazolják.

Alkalmanként, ha az időpont lehetővé teszi, videofilm használható fel mozgófilmes szemléltetésként.

FÖLDGÖMB A CSILLAGÁSZATI FÖLDRAJZBAN

A földgömb az egyetlen olyan térképi ábrázolása a Földnek, amely megközelíti a valódi földalakot, a geoidot. A földgömb bemutatását az általános iskolától az egyetemekig mindenütt fel lehet és fel kell használni. A csillagászati földrajz oktatása során az alábbiak bemutatásához nyújt egyedülálló segítséget a glóbusz:

A földalak

Bemutatásához - a kisiskolások kivételével - hangsúlyozni kell a földgömb geoidtól való eltéréseit.

A föld méretei

Szemléltethető a sugár, az átmérő, az Egyenlítő, a délkör hossza. Az adatok méréssel és a méretarány átszámításával ellenőrizhetők.

A földrajzi fókálózat

Nevezetes kör az Egyenlítő, a gömbi főkör osztja ketté a glóbuszt. Vele párhuzamosan futnak a szélességi körök, amelyek a sarkokon ponttá zsugorodnak. A szélességi körök hossza (h) számítható a középiskolai fakultáció és egyetemi tananyag keretén belül. (A szélességi kör hossza egyenlő az Egyenlítő hosszának (q) és a szélességi kör és a földközéppont által bezárt szög (ϕ) koszinuszának szorzatával $h=q \cos \phi$).

A szemléltetés fontos részei a nevezetes szélességi körök, a térítők: a Ráktérítő, a Baktérítő és a Sarkkörök. A szélességi körök helyzetének ($23,5^\circ$) szemléltetése tanári magyarázattal válik teljessé. A Nap a zenitdelelés állapotával az Egyenlítőtől északra, illetve délre csak a térítőkig jut el, innen visszafordul (innen a térítő elnevezés). A Rák és Bak nevek azokat a csillagképeket jelölik, amelynek irányában láthatnánk a Napot a napfordulók idején. Az ókori görög zodiákushoz képest a Nap járása azonban már elcsúszott. Ennek oka az ún. luniszoláris precesszió, amely 26 ezer évenként körbe mozgatja retrográd irányba a tavaszpontot. Így ma már, a görögök után kétezer évvel, több mint egy csillagképpel eltolódott a Nap helyzete is az eredeti elnevezésekhez képest. Így ha pontosan akarnánk elnevezni a térítőköröket a csillagképek valódi helyzete alapján, akkor Ikrek és Nyilas térítőknek kellene neveznünk a Rák- és Baktérítőket. A sarkkörök helyét szintén a Nap évi járása jelölte ki az emberiség számára. E körökön túl a sarkpontok irányába lehet a Nap cirkumpoláris, másutt nem. A nevezetes körök tehát a cirkumpolaritás határait jelölik ki $66,5^\circ$ -os értékükkel. Fontosságuk miatt a nevezetes köröket a földgömbökön a többi szélességi körtől mindig eltérő módon ábrázolják, általában szaggatott vonallal. A hosszúsági körök, másképpen meridiánok vagy délkörök, órákörök elnevezéssel szerepelnek. Ezek a nevek is mutatják jelentőségüket, magyarázzák felhasználhatóságukat. Szemléltetéskor jól érzékeltethető a hosszúsági körök azonos mérete (ellentétben a szélességi körökkel). Kijelölésükben ismét csak a Nap segítette az emberiséget. A Nap delelésének iránya mutatja meg az adott hely délkörét. Hangsúlyozni kell, hogy nagyon sok délkört húzhatnánk a földgömbre, mivel minden földrajzi helynek (kelet-nyugati irányban) eltérő a Nap delelési ideje. A mérhetőség kedvéért azonban csak 15° -onként, azaz egy óránként húztak hosszúsági köröket, óráköröket, időzónákra osztva így Földünket. A hosszúsági körök között is találunk nevezetes főköröket, így a Greenwich csillagvizsgálóján áthaladó kezdő délkört vagy más néven nullmeridiánt, és az ellenlábás ponton áthaladó 180° -os hosszúsági kört, vagy más néven dátumválasztó vonalat. Jelentőségének magyarázata a vasárnap-hétfő forduló, mely mindig érdekessé teszi a szemléltetést.

A horizont szemléltetése

A glóbuszt tájoljuk, másnéven valós helyzetbe állítjuk. Bemutatjuk a hallgatók számára a látszólagos és a valódi horizontot. A valós helyzetbe állításkor a naptárkeret által feltüntetett északi irányt a valódi északi irányba fordítjuk és a fémmeridián fokbeosztásának felhasználásával a földgömbi északi pólust a földrajzi szélességünknek megfelelő magasságba állítjuk. Ezután a várost (álláspontunkat) a zenitbe forgatjuk, ekkor a glóbusz valós helyzetben van. Ebben az esetben a naptárkeret a valódi horizontunk, míg a látszólagos horizont az álláspontunkban fektetett vízszintes sík, amely így párhuzamos a naptárkeret síkjával.

Időmérés

Történhet a hosszúság-különbség méréssel vagy órákorong segítségével. A hosszúság-különbség mérésénél a kapott fokértéket kell átalakítani órára, illetve percre ($15^\circ = 1$ óra; $1^\circ = 4$ perc). Az órákoronggal történő mérés gyors, és rögtön leolvasható az adott földrajzi helyek közötti időkülönbség. Az időmérési feladatoknak általános iskolában is szerepelnie kell.

Távolság- és iránymérés a földgömbön

Két földrajzi hely közötti legrövidebb távolságot a fokbeosztással rendelkező kvadránsszalag segítségével mérhetünk. A kapott fokértékek átszámítása után km-ben is kiszámítható a távolság ($1^\circ = 111$ km). A felsőfokú oktatásban hangsúlyozni kell a földrajzi fokok földalak okozta eltérő nagyságát. Az irányméréshez szintén a kvadránsszalag használható, de ennél a mérésnél a megadott földrajzi helyek egyikét valós helyzetbe kell állítani, hogy a naptárkereten leolvasható legyen az égtáj szerinti irány. A mellettlakó, ellenlakó, ellenlábás pontok meghatározása kiválóan alkalmas a napszakok és évszakok földgömbi helyzettől függő változásának szemléltetésére.

Égi koordináták a földgömbön

A felsőoktatásban szereplő koordináta-rendszerek és a velük kapcsolatos mérések szinte kizárólag a naptárkeretes földgömb segítségével szemléltethetők. Megadott időpont és hely ismeretében, a glóbusz segítségével pontos napállások, holdhelyzetek, kelési-nyugvási időpontok stb. határozhatók meg. A következő mérések Naprendszerünk mozgás-mechanizmusát szemléltetik. Ezek a Nap évi látszólagos mozgásával kapcsolatos mérések. A naptárkeretes földgömb tartalmazza a felfestett ekliptikát és a naptári napoknak megfelelő ekliptikai jegyek fokértékét. Így bármely földrajzi helyre és bármely naptári napra megállapítható a Nap delelési magassága. E mérésekkel szemléltethető a cirkumpolaritás és a zenitális delelés földrajzi elhelyezkedése. A mérések segítségével nemcsak a delelési napmagasságot, hanem bármely napszak napmagasságát megállapíthatjuk. Így kelési-nyugvási és szürkületi időpontokat is szemléltethetünk. A mérésekhez az órakorong és a kvadránsszalag is szükséges.

E fejezetnél utalnék doktori értekezésem témájával kapcsolatos publikációmra, mely Földgömb-gyakorlatok címmel jelent meg 1992-ben. Egyetemi házi jegyzetként alkalmazom a JPTE TTK Földrajz Tanszékén.

A példatár az alábbi fejezeteket tárgyalja:

- *Gyakorlatok földrajzi koordináták meghatározására*
- *A földgömb tájolása*
- *Két földrajzi hely szélességkülönbségének meghatározása*
- *Földrajzi hosszúságkülönbség megállapítása*
- *Mellettlakó, ellenlakó, ellenlábás pontok földrajzi koordinátáinak meghatározása*
- *Távolságmérés a glóbuszon*
- *Iránymérés*
- *Időmérés a földgömbön*
- *Időmérés órakoronggal*
- *A dátumválasztó*
- *Horizontális (azimutális) koordináta-rendszer*

- *Ekvatoriális (egyenlítői) koordináta-rendszer a kezdő órákörrel*
- *A földrajzi és égi egyenlítői koordináta-rendszer kapcsolata*
- *Az ekvatoriális és horizontális koordináták összefüggései*
- *Mérések, számítások kvadránsszalaggal.*

A csillaggömb

A csillagászati földrajz oktatásának egyik speciális szemléltető eszköze a csillaggömb. Segítségével kívülről szemlélhetjük a csillagos égbolt egészét. Így minden csillagképet fordítva figyelhetünk meg. Modernebb változata a világító csillaggömb, amely lámpa nélkül a hagyományos éggömbökhöz hasonló, átvilágítva azonban láthatóvá válnak a csillagképek figurái, lényegesen megkönnyítve a tájékozódást.

Lombik éggömb

A koordináta-rendszerek és az éggömb látszólagos mozgása kiválóan szemlélhető a lombik éggömb segítségével. A félig vízzel töltött nyakánál fogva állványra rögzítjük. A lombik nyak a világtengelyt szimbolizálja a víz szintje a horizontot. Az üvegfelületen jelölhető az égi egyenlítő állatövi jelek stb. A lombik forgatható szemléltetve az éggömb látszó mozgását, sőt a víz szint vagyis a horizont helyzete is tetszés szerint változtatható.

Holdgömb, bolygókömbök

A Hold tanításához - a térképek mellett - alkalmazható a Holdgömb, amely térbelisége mellett az egész holdfelszínt bemutatja, ellentétben a térképekkel. A bolygókömböket legjobban a felszín szemléltetéséhez használhatjuk, de bemutathatók a tengelyferdeség értékei is. Leggyakrabban a Mars, Vénusz, Jupiter gömb használható.

Térképek

A csillagászati földrajz oktatásában a csillagos égboltot, a Hold és a bolygók felszínét ábrázoló térképeket szemléltethetjük. Leggyakrabban az északi égbolt csillagtérképét használhatjuk. Míg az általános iskolában a csillagképek azonosítása, a tájékozódás jelentheti a szemléltetést, addig a felsőoktatásban az égi koordináták meghatározásával csillagidő-számítást és egyéb számításokat végezhetünk el. A kereskedelemben kapható Hallwag térképcsalád speciális tematikus térképeket, táblaképeket tartalmaz. Ezek közül az oktatásban kitűnően használható a Naprendszer tábla. Ez a speciális térkép kitűnően szemlélteti Naprendszerünk bolygó- és holdpályáit, valamint az ismert üstökösök útvonalát.

RAJZOS SZEMLÉLTETÉS

Táblai rajz

A csillagászati földrajz tankönyvi fejezetei, munkafüzeti feladatai csak néhány esetben indokolják a táblai rajz szükségességét. A csillagászat jellegéből adódóan a tankönyvek nagy számban tartalmaznak magyarázó ábrákat, ezért táblai rajz formájában történő megisméltetésük szükségtelen. Kivételt képeznek azok a csillagászati magyarázó rajzok, amelyek egy jelenség, folyamat végeredményét ábrázolják a tankönyvben. Ez esetben a táblára rajzolásuk azért szükséges, mert a tanuló végigkövetheti a rajz fejlődési állomásait, amely a könnyebb megértést segíti elő. A táblai rajzzal jól szemléltethetjük a Hold fényváltozásait, a Föld Nap körüli keringését és az évszakok váltakozását. A táblai rajz az égi koordináta-rendszerek oktatásánál a jól használható szemléltetési eljárás. A tankönyvi ábrák ugyanis már együtt, első látásra szinte kaotikusan mutatják be az alapsíkot, a koordinátákat és a mérési irányokat. Ez a táblán kialakuló rajz során kiküszöbölhető és a színes kréták használatával egyértelművé tehető. Jól példázza ezt Eratotherész mérése táblai rajzon szemléltetve.

Transzparenszek

Az alkalmazható transzparenszek a mozgások, a holdfázis-változások és égi koordináták felépítését segítik. A gondosan előkészített rajzok - a táblai rajzhoz hasonlóan - a tanulók előtt válnak értelmezhető ábrákká. Az előre elkészített rajzok esztétikusak és az írásvetítővel gyorsan felépíthetők.

Munkanapló

A csillagászati földrajz oktatásában a nyolcadik osztályos tankönyv anyagához készült munkanapló. Ebben, a nyolcadik osztályos tankönyv anyagának megfelelően, szerepelnek csillagászati földrajzi feladatok is. A feladatok jelentős része a földgömb szemléltetésével és használatával oldható meg. Ilyen feladatok a tájékozódás, a helymeghatározás (fokhálózat), a tengely körüli forgás, az időmérés és a Föld Nap körüli keringése. A munkanaplót, mint szemléltetőeszközt a földgömbbel együtt történő használata teszi hatékony oktatási eszközzé.

VI. A CSILLAGÁSZATI FÖLDRAJZI SZEMLÉLTETÉS A KÜLÖNBÖZŐ ISKOLATÍPUSOKBAN

ÁLTALÁNOS ISKOLA

Környezetismeret tantárgy 4. osztály

A környezetismeret tantárgy csillagászzal foglalkozó anyagrésze az "Ismerkedés a földgömbbel" című fejezetben található. A téma a földgömbi tájékozódást mutatja be, az égtájak megismerésének felhasználásával. Ezt kiegészítendő közvetlen szemléltetés - az árnyékvető rúd (gnómon) bemutatása. A tanulók megfigyelhetik a Nap által kijelölt irányokat. Erre utal az égtájak magyar elnevezése is, melyeket a Nap igéiből származtatnak, így kelni, delelni, nyugodni szavak a kelet, dél, nyugat égtájnevekben lelhetők fel. Természetes módon az északi irány elnevezése nem származik, nem származhat a Nap igéjéből, mivel hazánk égboltján soha nem látható a Nap északon. Ezt közvetlen szemléltetéssel (árnyékvető rúddal) bizonyíthatjuk a tanulók számára. Közvetett szemléltetés útján, lámpák segítségével bemutatható, hogy a déli féltekén (pl. Ausztráliában) az ott élők északi irányban látják a delelő Napot. A földgömb mozgásával tisztázzuk, hogy Földünk alapvető mozgásai: a forgás és a keringés. Gyors mozgásokat végző Földünk mégis mozdulatlannak tűnik. Viszonylag gyors változásokat csak az égbolton látunk. A Nap, a Hold és a csillagok járása közvetlenül szemléltethető és egyben segítségével magyarázható a Föld forgása. A tankönyv "Mozgás és nyugalom" c. fejezetében felhasznált száguldó vonat és az elmozdulni látszó fák hasonlata átültethető a Föld forgásának magyarázatához. A valóság tehát az kell legyen a tanulók számára, hogy mi száguldunk a Földünkkel és az égbolt mozgása, a Nap, a Hold és a csillagok járása csak tükörkép-jelenség. Az előzőekből vezethető le a nappalok és éjszakák váltakozásának tanítása. Itt alkalmazható a korábbiakban részletesen leírt, megvilágított földgömb. Ezzel a módszerrel minden alapvető földi mozgásra és annak következményeire van bemutatási lehetőség.

Érdekesen szemléltethető a "Milyen alakúnak látjuk a Holdat" c. fejezet. A Föld mozgásai kapcsán behelyettesíthető holdi forgás és keringés éppen azonos periódusa miatt ($27 \frac{1}{3}$ nap) szinte érthetetlen a tanulók számára. A

kötött forgásból adódik, hogy bár közvetlen szemléltetéssel is bemutatathatjuk a Hold keringését, forgását nem veszik észre a tanulók. Ez érthető, hiszen azt tanítjuk és azt is láthatják, hogy a Hold mindig ugyanazzal az oldalával fordul a Föld felé. E kérdés megoldását egy, a tanulókkal végzett kísérlet segíti elő. A kísérlethez két tanuló szükséges, egyikük jelképezi a Földet, aki a kísérletben csak tengely körüli forgást végez, tehát egyhelyben forog (itt eltekinthetünk a Föld Nap körüli keringésének szemléltetésétől, hiszen a Hold forgása nélkül is szemléltethető). A másik tanuló jelképezi a Holdat, akinek mozgását úgy irányítjuk, hogy járja körbe társát, hogy közben mindig feléje forduljon. Így egy "keringés" alatt a tanuló egy teljes fordulatot is megtesz saját tengelye körül. Hogy ez egyértelmű legyen minden tanuló számára, a Holdat szemléltető diákat keringés közben többször állítsuk meg és hívjuk fel az osztály figyelmét arra, hogy abban a helyzetben merrefelé áll az osztályterem ajtajához, ablakához vagy a táblához képest. E kísérletet követően a fényváltozások is könnyebben érthetőek lesznek, amit a valódi égbolton alkalomadtán bemutatathatunk. Három tanuló segítségével szemléltethetjük a fogyatkozásokat is. Természetesen itt a Napot jelképező tanuló áll középen és körülötte mozog (kering) a Földet jelképező, lehetőleg magasabb tanuló, aki körül kering a Hold, akit egy alacsonyabb tanuló szemléltethet.

Az "Ember elhagyja a Földet" c. fejezethez kizárólag vetített képet használhatunk szemléltetésnek, de otthoni feladatként ajánlott irodalmat és folyóiratokat javasolhatunk a diákoknak. A 4. osztályosok számára több közérthető csillagászati témájú könyv kapható. Ezek kivétel nélkül a Móra Könyvkiadó gondozásában jelentek meg. A következő könyvek használhatók a tantárgy kiegészítéseként: Úrhajózás (Kolibri zsebkönyvek), Tihanyi László: Kalap és galaxis; Ég és Föld (Kérdések könyve), Képes csillagvilág.

Földrajz tantárgy 8. osztály

A 8. osztályos csillagászati földrajz csillagászat-történeti alapismeretekkel kezdődik. Ez hatékonyan és látványosan megoldható az arra alkalmas tanulók segítségével. A csillagászat-történet legfontosabb személyiségeinek kiemelésével ötperces tanulói kiselőadásokkal követhetjük végig az asztrológia történetének legfontosabb állomásait. A múlt nagy csillagásza közül

helyet kell kapnia Ptolemaiosznak, Kopernikusznak, Keplernek és Newtonnak. Ha lehetőség van rá a tanóra keretén belül vagy szakköri foglalkozáson, szemléltessük a bravúros csillagásztörténeti méréseket, számításokat. Így a Föld alakjára vonatkozó ismeretek fejlődését, Eratoszthenész bámulatos Földmérését, vagy Arisztarkosz számításait. A csillagászati földrajz legfontosabb része itt e tantárgy keretén belül a Földre, mint égitestre vonatkozó ismeretek tanítása.

A Föld gömbalakúságának szemléltetése

A Sarkcsillag helyzetének és a Nap delelési magasságának változása észak-déli irányban történő haladásunk során, a Nap delelési időpontjának változása kelet-nyugati irányú haladás esetén bizonyítja a Föld gömbalakúságát. A Föld gömbalakúságát szemlélteti a holdfogyatkozás jelensége is. Ugyanis a Földnek a Holdra vetett árnyéka mindig körív; körív alakú árnyékot csak gömbalakú test vethet. Ennek szemléltetése vetített képpel - kivételes esetben közvetlen úton - mutatható be. A Föld mozgásaival kapcsolatos szemléltetési módszerek már szerepelnek a disszertáció előző fejezetében, így itt csak a kifejezetten 8. osztályosoknál alkalmazható szemléltetést említem. A tanulók fizikában tanult ismereteire támaszkodva szemléltethető a Föld forgása ingával. Ha van lehetőség hosszú (legalább 5 m) ingafonal elhelyezésére, nagyon látványos lehet szemléltetésünk. A megrendített inga tűje már néhány óra elteltével keresztező vonalakat rajzol. Az inga hazánkban 36 óra alatt tesz meg egy teljes kört. Itt mutatható be a lefolyó víz balsodrású örvénylése, melyet a Föld forgásából eredő Coriolis-erő okoz. A Kepler-törvények ismeretében a következő demonstrációs eszközök segítenek a bolygópályák és bolygómozgások szemléltetésében.

A bolygómozgás törvényeit szemléltető modell

Naprendszerünk egy stabilis konfiguráció, amelyben a bolygók periódikusan keringenek központi égitestünk, a Nap körül. Mindegyik bolygóra a középpont felé mutató gravitációs vonzóerő hat, amely a centrumtól való távolság második hatványával fordítottan arányos. Ha tehát a bolygók mozgá-

sát modellen akarjuk szemléltetni, akkor ezt a gravitációs erőt kell egy formailag ugyanilyen alakú erővel helyettesíteni. Ez esetben ugyanis várható, hogy ebben az erőterben lejátszódó mozgások hasonlóak lesznek a bolygók mozgásához. Modellünk egy abroncsra feszített gumilepedő, melynek közepét lehúзва egy különleges - tölcsér alakú - felület alakul ki. A gumi felületének bármelyik pontjára helyezett kis golyóra a közelítően centrum felé mutató erő hat, amely a nehézségi erő tangenciális komponensével azonos nagyságú. Ha ezt a golyót érintőlegesen meglökjük, a kezdő feltételeknek megfelelő pályán fog mozogni. A gumi felületére gurított golyó mozgását befolyásolja a surlódás, emiatt a golyópálya átmérője egyre csökken. Minthogy a jelenség bemutatására már néhány fordulat is elegendő, és ezalatt a pálya paraméterei változnak, ezért a golyók pályáit jó közelítéssel Kepler-pályáknak tekinthetjük. (S.Tóth 1977.)

Pályaháborgatás szemléltetése a gumifelületen

A Naprendszerben a nagyobb bolygók (főleg a Jupiter) állandóan zavarják, perturbálják észlelhető módon a kisbolygók és egyéb kisebb égitestek mozgását. Ennek szemléltetésére is lehetőség nyílik a modellel, hiszen ha nagyobb vasgolyót helyezünk a gumi felületére, az deformálja a felületet és ezáltal a közelében elhaladó kisebb golyó mozgását is befolyásolja. Gurítsunk be tehát egy kisebb golyót, majd amikor az egy belső pályára tér, gurítsunk be egy nagyobbat is. A perturbáló erők hatására a bolygó mozgása háromféleképpen módosulhat: befelé perturbálódik; külső pályára kényszerül; a pályaháborgató égitest holdjává válik.

A kettőscsillagok körül lehetséges bolygópályák bemutatása is történhet gumifelületen. Az égimechanikai számítások azt mutatják, hogy a kettőscsillagok körül is lehetségesek stabil bolygópályák. A bolygók háromféle pályán mozoghatnak: csak az egyik csillag körül; mindkettő körül, nyolcas alakú pályán. A két csillagnak megfelelően a gumifelületet két helyen húzzuk le. A háromféle pályát ügyes indítással lehet elérni.

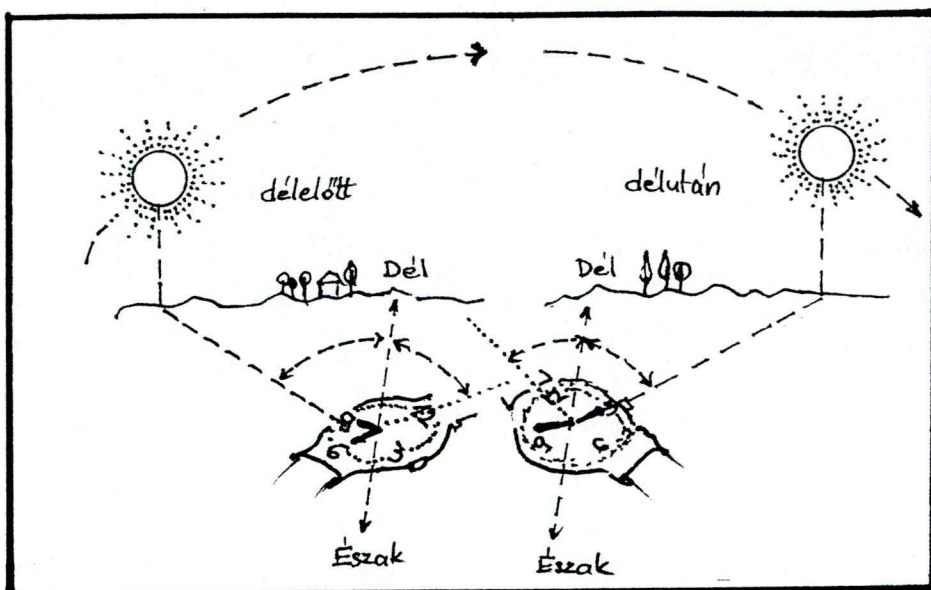
Az ég kék színe és a vörös naplemente szemléltetése

Sokaknak okoz fejtörést, hogy vajon miért kék az ég, miért válik vörössé a Nap napkeltekor és napnyugtakor. Az ég kék színének eredetét az anyag atomos szerkezetével lehet magyarázni. A levegő molekuláinak rendezettségé állandó mozgásuk során fluktuál, helyenként sűrűsödések és ritkulások alakulnak ki, amelyek ugyanúgy szórják a rájuk eső fényt, mint a hullámhossz méretű porszemcsék. Ezek a tartományok a Napból érkező fehér fényből a rövidebb hullámhosszút (kék) erősen, a hosszabb hullámhosszút (vörös) kevésbé képesek minden irányban egyenletesen szórni. Ezért az égboltot kéknek, a magasban tartózkodó Napot enyhén sárgának, a lenyugvó Napot pedig vörösnek látjuk. Napnyugtakor a fény vastagabb légrétegen halad át, ezért a kék komponens szinte teljesen kiszóródik.

A leírt jelenségek a következőképpen szemléltethetők: üvegkádba tiszta vizet öntünk és ebbe alkoholban oldott gyantát keverünk el. Az oldat beöntése után a gyanta apró gömböcskék formáját veszi fel. Ezek a kis gömböcskék ugyanúgy szórják a fényt, mint Földünk légköre. A kádon keskeny (kb 1,5-2 cm átmérőjű) fénynyalábot kell keresztülbocsátani. Már egészen kis gyantatartalom esetén is látható, hogy a fény oldalirányban kilép a nyalábból, és a víz égszínkék színűvé válik. A tovább haladó fénynyaláb már sárgás színűnek látszik, és nagyobb gyantatartalom esetén bíborvörössé válik. Ez utóbbit legjobban az átmenő nyalábban lehet megfigyelni, a kék szín pedig minden oldalról látható. (S. Tóth 1977.)

Tájékozódás

Nyolcadik osztályban a tájékozódás szemléltetése már bonyolultabb formában oldható meg. Az égtájak kitűzésénél alkalmazható a karóra segítségével történő tájékozódás is.



5.ábra Az északi irány meghatározása karórával

Karóránk vagy zseboránk kismutatóját fordítsuk a Nap irányába, a kismutató és a 12-es szám szögfelező egyenese az észak-déli irányt tűzi ki.

A csillagképek szemléltetése biztosítja az égbolti tájékozódás elsajátítását. Ügyelni kell arra, hogy a csillagtérképek bemutatásánál mindig a térkép közepén, a Sarkcsillag bemutatásával kezdődjék a szemléltetés. Ez a kiindulás biztosítja a közvetlen égbolti bemutatással a kapcsolatot. Ezen kívül a tanulóknak ismerni kell a legfontosabb tájékozódást szolgáló csillagképeket. Így a Göncölszekeret, a téli égbolton az Oriont és a Pleiadokat (Fiastyúk), a Nagy nyári háromszöget (Vega-Altair-Deneb) és az égbolt óráját, a Cassiopeia csillagképet. (Ld. 4. ábra)

KÖZÉPISKOLA

Földrajz tantárgy 1-2. osztály

A tantárgy csak a gimnáziumi első osztályban tartalmaz olyan anyagrészeket, amelyeknek a feldolgozásához szükségesek a csillagászati alapismeretek és ezek szemléltetése. Az általános fejezetben leírt szemléltetési lehetőségek itt a földi légkör szerkezete és az üvegházhatás című témakörökhöz kapcsolhatók a leghatékonyabban. A légkör tanításánál az égitestekkel kapcsolatos légköri jelenségek vetített képes szemléltetése tartalmaz kapcsolatot teremt a csillagászat és a légkör földrajza között. Így szemléltethető a szivárvány (a fény, mint hullámjelenség, légkör fénytörése), szerencsés esetben közvetlenül is. A tanulói tapasztalatokra lehet hivatkozni.

A légkör okozta Napkorong-torzulás (refrakció) napnyugtakor és napkelte idején, ugyanez a jelenség a Hold lenyugvásakor szintén a légkör jellemzőire utal. A Nap vörös színe a horizont közelében, a légköri fényszóródás és az égbolt kék színe a 8. osztályos szemléltetésnél leírtak szerint itt is alkalmazható. Bemutatható - akár közvetlenül is - a légköri szcintilláció, amely a csillagok szemléltetésekor bizonyítja a légkörben lévő eltérő sűrűségű és hőmérsékletű tartományok jelenlétét. A meteorológiában is használt égitestek által okozott, vagy azok fényénél látható légköri jelenségek szemléltetése egyszerű és látványos. Ilyen jelenségek: a Napudvar, a Holdudvar, Holdgyűrű, a szivárvány, a délibáb, az északi fény és a légkörön túl az állatövi fény. Az üvegházhatás szemléltetéséhez a tanulók közvetlen tapasztalatait idézzük fel. Kiemelendő az üvegházhatás szélsőséges hatása a Vénusz bolygón, s hogy valaha Földünkön is ilyen erősen működött ez a légköri hatásmechanizmus.

Csillagászat fakultatív tantárgy

A gimnáziumokban választható fakultációs tárgyak között szerepel a csillagászat is, amelyet inkább a fizika tantárgyhoz kapcsoltnak választanak a tanulók, de természetesen a földrajzhoz való kapcsolódások itt is indokoltá teszik említését. A fakultáció keretein belül a csillagászat bármely részterületét

és annak szemléltetési lehetőségeit lehet alkalmazni, amelyet eddig disszertációmban leírtam, így itt most egy konkrét tananyagrészt feldolgozásának menetét mutatom be.

Óravázlat

Tananyag:

Szemléltetés:

1. Üstökösök

- Kisebb égitestek, amelyek látványosságuk miatt közismertek
(Tévhitek az üstökösökről, babonák, világvége)
- Elnyúlt ellipszispályán keringenek, periódus idejük néhány évtől akár sok százezer évig terjedhet. Periódusuk alapján vannak hosszú és rövid periódusú üstökösök.
(Nyitott pályán egyszer megjelenő aperiódikus üstökösök.)
- az üstökös részei : *mag*
szilárd testek, porszemek és megfagyott gázok jege alkotja.
kóma - napközben elszublimált gázok, amelyek körülveszik a magot
csóva (üstök) - a kóma egy részét a napszél a Nappal ellentétes irányba taszítja.

vetített kép
jell. üstökös
szörnyként ábr.
üstökös

falitábla
(Halwag térkép
a periódikus üstökösök pályáival)

táblai rajz
Hívjuk fel a figyelmet arra, hogy a rajz nem méretarányos.
A szemléltetéshez az üstökmagról készített új űrszonda felvételeket lehet bemutatni.

Mag: 1-100 km

Kóma: többezer vagy százezer km

Csóva: sok millió km

- Halley-üstökös: 1910-ben óriási látványosság volt, oka: a Föld áthaladt a csóván.

2. Meteorok

- Az üstökös, ha napközelibe kerül, mindig veszít az anyagából, emiatt előbb-utóbb szétesik, és a "törmelék" a pálya mentén széthúzódva önállóan kering. (üstökös-meteor kapcsolat = a világ anyagi összetétele) Ezek a néhány cm-es égitestek néha nagyobb méretben is bekerülnek a Föld légterébe, ekkor felizzanak és hullócsillagként észlelhetjük. A nagyobb meteoroknak tűzgömb a neve. A meteorok elnevezése arról a csillagképről történik, amelynek irányából a felvillanását észleljük. A meteor, amely eléri a Föld felszínét, meteorittá válik.

A meteoritok anyaga többnyire kő vagy vas.

A meteoritok becsapódási helyén kráterek keletkeznek.

A kráterek nyoma a Földön az erózió miatt szinte mindig megsemmisül.

3. Bolygóközi tér

Ritka gázfelhők, porszemek töltik ki bolygórendszerünk térségét.

közvetlen szemléltetéssel bemutathatóak a meteorok (hivatkozás a tanulók saját élményeire - hulló csillagok) mikrometroit szemléltetése (friss hó elolvadása után a hólé tartalmazza a mikrometroitokat, mikroszkóppal megfigyelve osztályozhatjuk is őket.)

Vetített kép a Földre hullott óriás meteoritokról vetített kép: holdi kráterek, ill. Arizóna Ördög-kráter. Kráterképződés szemléltetése a terepasztalon.

Az anyag különböző jelenési formái, az égi

Oka: a Nap részecskesugárzása.

A bolygóközi anyag össztömege is csak igen csekély a Föld össztömegéhez képest.

4. Mesterséges égitestek

Az űrhajózás elvi alapja a rakéta.

Ciolkovszkij és munkássága

el-

1957 első szovjet szputnyik fellövése

Mesterséges égitestek úti célja: Föld-körüli pálya, Hold, bolygók, üstökösök

A Föld körül keringő mesterséges égitestek célja: meteorológiai, gazdasági (térképészet, erőforrás kutató), távközlés, tudományos (léggörön kívüli csillagászati jelenségek megfigyelése), katonai, biológiai, környezetvédelmi, segélykérő.

Űrállomások: a csillagászati kutatások segítik a technika fejlődését, közvetve tehát a gyakorlati életet segítik.

objektumok változatossága, különbözősége bővíti a tanulók látókörét.

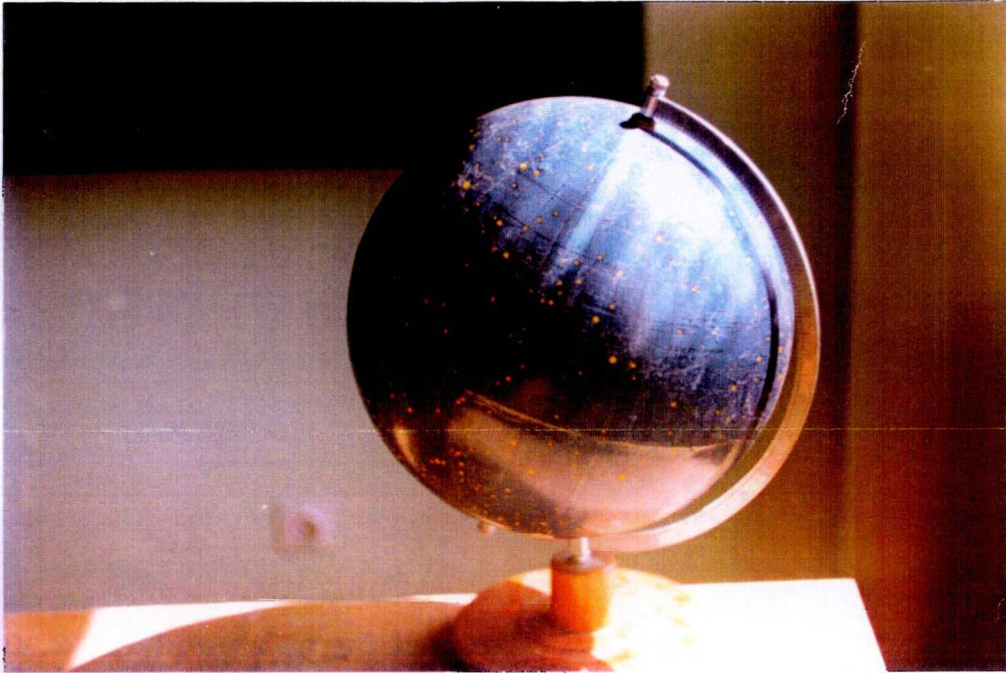
Rakétaelv szemléltetése, felfűjt, majd

eresztett léggömb mozgása a rakétaelvhez hasonló módon történik. Mozgófilm vagy diaposzítívek az űrkutatás legújabb eszközeiről, űrállomások, űrrepülőgépek, bolygószezonák.

TANÁRKÉPZÉS

Az egyetemi, főiskolai szintű földrajz szakos tanárképzés első évének tananyagában szerepel a csillagászati földrajz. A felsőoktatásban alkalmazható a korábbiakban már leírt, közvetett és közvetlen szemléltetés magasabb szintű megértést igénylő módszerei. Az intézmény távcsövekkel való ellátottsága, a közelben lévő csillagvizsgáló használata lehetővé teszi minden égi objektum közvetlen bemutatását. Ügyelni kell az égi objektum bemutatásakor a megfelelő típusú és paraméterű távcső alkalmazására. A Nap megfigyeléséhez kizárólag szűrővel ellátott műszereket használjunk (kivétel a kivetítéses módszer). Bolygó- és Hold-megfigyelésekhez a hosszú gyújtótávolságú távcsövek a legalkalmasabbak. Ezek nagyobb nagyítás esetén részletgazdag felszínképet adnak az égitestről. A mélyég objektumok (csillagok, galaxisok, halmazok, ködök) rövid gyújtótávolságú, fényerős távcsövek használhatók legeredményesebben. A szemléltetés jelentős része azonban a tanóra keretén belül közvetlen úton történhet. A tankönyv (*Gábris-Marik-Szabó: Csillagászati földrajz 1988*) önálló hallgatói feldolgozás anyagát képezi. Képek bemutatása az előadásokon a terem méretei és a hallgatók létszáma miatt nem alkalmazható szemléltetésnek. A vetített képek (dia, film, video) biztosítják a tananyag minden témakörében a megfelelő szemléltetést. A felsőoktatás legfontosabb csillagászati szemléltető eszköze a naptárkeretes földgömb. A földrajz tanárképzés használható ki legjobban a csillaggömb, a holdgömb, bolygó-gömbök és a csillagtérképek.

5ben



5. kép Csillaggömb

A táblai rajz és a transzparenszek használata a koordináta-rendszerek oktatásánál nélkülözhetetlen szemléltetés. A felsőoktatásban valósítható meg igazán a csillagászati és földrajzi fogalmak összekapcsolása. Az előadások keretein belül párhuzamosan haladva a természeti földrajzi, geológiai előadásokkal egyidőben oktatható a Föld belső szerkezete a bolygókéval, a vulkanizmus folyamatai, fogalmai a naprendszer tűzhányóival. Természetesen ezek a fogalomrendszerek a Föld, mint égitest, a Hold a Nap és a bolygók vonatkozásában kerülnek elő. A földrajz és a csillagászat oktatása során egyaránt szereplő fogalmak az alábbi témakörökben a legfontosabbak:

- *A Föld belső szerkezete összehasonlítva a bolygókéval és a meteoritokkal*
- *Szeizmicitás vulkanizmus a bolygókon*
- *Lemeztektonikai folyamatok, hegységképződés*
- *Exogén erők munkája az égitestek felszínén*
- *Felszínformák morfológia*

- Árapály jelenség

A felsorolt fogalmak alkalmazására készült a következő vázlat. A szilárd kéreggel rendelkező, földtípusú bolygók és a Hold tanítása során előkerülő általános természetföldrajzi fogalmak, kifejezések elemzését mutatom be. A párokba állított égitestek, így a Merkúr-Hold, Vénusz-Föld összehasonlítás, rokonítása pusztán az első megközelítésre mutatott, külső hasonlatosság miatt történik. A szemléltetés hatékonysága érdekében egyszerű szerkezeti ábrákat (lásd. 6.7.9. ábra) alkalmazok az előadásvázlat elején. A földrajzi fogalmak kiterjesztése a planetológia tárgykörére, elősegíti az általános természetföldrajzi fogalmak bevéését, s lehetővé teszi a bolygók és a Föld felszínmorfológiai, geológiai aznosságainak és különbözőségeinek oktatását. Az előadás anyagát a Bolygók című könyv (Francis 1988) és a Csillagászati Földrajz tankönyv (Gábris-Marik-Szabó 1988) könyvek segítségével állítottam össze.

Fogalomcsoportok:

- Az égitestek belső felépítése, szerkezete
- Belső erők aktivitása, vulkanizmus
- Lemeztektonika
- Külső erők eróziós tevékenysége
- Felszínformák osztályozása

Belső felépítés

A Naprendszer bolygóinak, de még Földünknek is kérdéses a belső szerkezete, felépítése. A geológusok, geofizikusok a bolygó tömegéből, térfogatából és sűrűségéből állapíthatnak meg a belső szerkezetre vonatkozó adatokat. Jól tudjuk, hogy Földünk esetében a legmélyebb kutató fúrások is csak alig jutottak 10 km-es mélységig. Ami azt jelenti, hogy még a földkérget sem harántolták át. A többi bolygó esetében pedig csak a felszín vizsgálata történt meg. A bolygók belső szerkezete feltehetően megfelel a meteoritokból jól

ismert három típusnak, így a bolygók magjának a vasnikkel, a bolygók köpenyének a vas-szilikát, és a kéregnek a szilikát anyagok. Az égitestek belső szerkezete adhat támpontot a bolygó aktivitásának megállapítására. A belső energiák, a kéreg vastagsága jelentősen meghatározza a hegységképződés, vulkánosság, szeizmicitás mértékét. (Francis 1988)

Az endogén erők működésének időbeli és térbeli elhelyezkedése rányomja bélyegét a bolygófelszínnek mai képére. A bolygók felszínének összehasonlításánál használhatjuk a földrajzi terminológiában ismert fogalmakat, ezek azonban nem jelentenek azonos formációkat. A felszín típusok elkülönítésére és kormeghatározására a földi rétegtani vizsgálati elveket használják (Gábris-Marik-Szabó 1988). A földtípusú bolygók összehasonlításának sorából nem szabad kifelejteni Földünk Holdját sem. Kísérőnk ugyan nem tartozik a bolygók sorába, de hasonlósága a Merkúrhoz, és a rendelkezésre álló ismeretanyag (az egyetlen égitest, melyről kőzetmintáink vannak) sokasága szükségessé teszi elemzését.

Az alábbi táblázatból is kitűnik, hogy az égitestek méretükkel és külső megjelenési formájukkal hasonlóságot mutatnak.

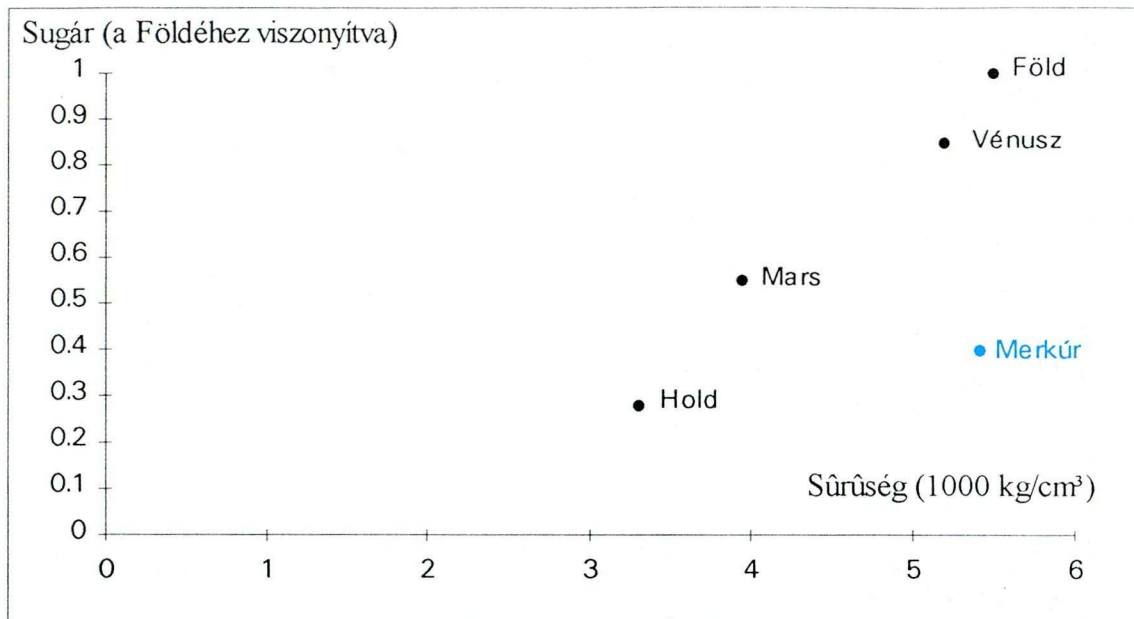
	Merkúr	Vénusz	Föld	Hold	Mars
<i>Átmérő (km)</i>	4880	12104	12756	3476	6787
<i>Tömeg (kg)</i>	$0,33 \cdot 10^{24}$	$4,9 \cdot 10^{24}$	$6,0 \cdot 10^{24}$	$7,4 \cdot 10^{22}$	$6,5 \cdot 10^{23}$
<i>Sűrűség (g/cm³)</i>	5,4	5,2	5,5	3,3	3,9

3. táblázat

A Hold és a Merkúr bolygót még a közelfelvételeken is nehéz megkülönböztetni, Földünk pedig a Vénusszal rokonítható az első pillantásra. Ám ha a sűrűséget vizsgáljuk, más sorrend alakul ki, és a Merkúr mutat feltűnő eltéréseket, amit a következő diagramm is szemléltet.

Vénusz

I



5. grafikon

A tanítás módszertan egyik legfontosabb eszköze az ábra elemzés. Példaként egy több szempontból elemezhető grafikont mutatok be.

Szempontok: bolygók elhelyezkedése a grafikonon;

méret és sűrűség egyenes arányú növekedése;

Merkúr helyzete: okai → – belső szerkezet

- nagy méretű NiFe mag

- eltérés mértéke

- bolygó helyzete a Naprendszerben

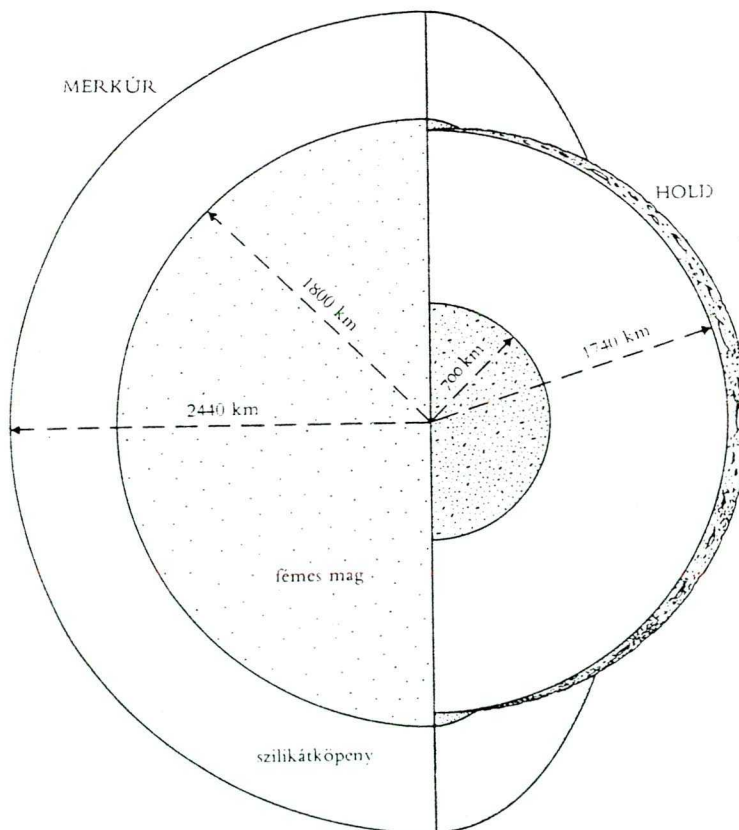
- bolygó mozgása, pályája

Merkúr - Hold

A Merkúr és Hold felszínmorfológiai viszonyainál előkerülő fogalmak, kifejezések. A földrajzi terminológia már az űrkutatás előtti időkben rányomta bélyegét a bolygók felszínformáinak elnevezésére. Így a szárazföldek - tengerek fogalma átkerült a Holdra, sőt előszeretettel használják a Vénusz, Mars esetében is.

1. Belső szerkezet

A felszínformák hasonlósága ellenére a Merkúr és a Hold belső felépítése lényeges eltéréseket mutat.



6. ábra (Francis 1988)

A Merkúr belsejében a magas sűrűségértéknek megfelelően nagy méretű vasmagot feltételezhetünk. A Hold esetében ez jóval kisebb kiterjedésű és feltehetően szabálytalan, aszimmetrikus.

A morfológiai elemzések során a domborzat kialakulását kell először vizsgálni. Az endogén erők által kialakított felszín a Merkúr esetében a bolygó életének korai szakaszában megvolt. A belső energiák kimerülésével a külső felszínformáló erők vették át a szerepet. Az exogén hatások hozták létre azokat a formatípusokat, melyeket ma megfigyelhetünk. (Francis 1988)

A Hold esetében a belső erők szintén rövid ideig fiatalították a felszínt, csak hogy a Föld közelsége, az árapály-erők hatása még 1 milliárd éve is aktivizálták a kéreg alatti köpenyanyagot areális vulkanizmust eredményezve (mare területek). Ezt követően már a Holdon is csak a külső erők végeztek felszínalakító munkát.

A bevezetőben használt általános természetföldrajzi kifejezések:

- endogén, exogén
- impakt vulkanizmus
- monogenetikus, poligenetikus
- centrális, lineáris, areális

Ezen fogalmak használata indokolt, mert a jelenségek a földtől eltérő módon, de jelen voltak a Merkúron.

2. Felszínmorfológia

A felszínélőkészítő folyamatok az aprózódás és a mállás. A Hold és Merkúr esetében a víz hiánya miatt csak az aprózódás működik, mint felszínélőkészítő folyamat.

A két égitest az inszolációs aprózódás klasszikus területe, ^{az c}Extrém hőmérséklet-különbségek legjobb példái Naprendszerünkben. A Holdon 300°C, a Merkúron akár 500°C abszolút ingás is lehetséges. ~~Ami a~~ folyamatokat mégis kissé lassítja, a lassú tengelyforgás, amely lehetővé teszi a kőzetek számára a fokozatosabb lehűlést vagy felmelegedést. Ilyen magas hőmérsékletnél azonban ez csak enyhíti az igen erős romboló tevékenységet. A



gyors ütemű aprózódás nagy mennyiségű törmelékot hoz létre és a lejtőkön leguruló durva szemcséjű, éles-szögletes törmelék vastagon beborítja a csupasz sziklafelszínek alját.

Gyakran olyan nagy mennyiségű aprózódott anyag halmozódik fel, hogy a "hegyek saját törmelékükbe temetkeznek". Ez természetesen a kőzetminőség függvényében változó mértékű. A holdi breccsák kiválóan alkalmasak az aprózódásra, hogy azután a gravitáció, mint erő leszállítsa őket a hegyláb-felszínekre. Az aprózódás során keletkezett törmelékot szemnagyság szerint osztályozzuk és nevezzük el. Így a Holdon és a Merkúron is látható kőzettömb, kőzettörmelék, kavics, durvahomok, finomhomok, durvapor, finompor.

A törmelék elszállítására csak akkor kerülhet sor, ha a felszínnek domborzati, azaz relief energiája van. A relief energia a szintkülönbségek következtében érvényesülő nehézségi erő. Ez a Hold esetében, de a Merkúron is igen magas, még a földfelszíni helyvonulatoknál is magasabb hegységekben nyilvánul meg. Ezeken az égitesteken nem ritkák a 9-10000 méter magas reliefek sem.

Az általános letarolás, denudáció főbb jellemvonásai: minél nagyobbak a szintkülönbségek, annál intenzívebb a letarolás. A Merkúr Holdéhoz viszonyított idősebb felszíne hosszabb ideig volt kitéve a külső erők pusztításának. A Földön az exogén erők hosszantartó tevékenysége tönkfelszíneket hoz létre, a tönkösödésnek az előre haladott állapotát planációnak nevezik. A planáció a planina = sík szóból ered. A Merkúr kráterközi síkságai eltérő formációk, de a fogalom analógiát itt kell alkalmazni. *+ lehet* A Holdon ez a fiatalabb areális vulkanizmus területeivel rokonítható. A tönkösödés másik jellemvonása, hogy ahol a relief energia nagymértékben csökken, ott a letarolást az akkumuláció váltja fel. Ez tapasztalható a Holdon, a terra-k belső területein, ahol tipikus erodált felszíneket láthatunk. A Hold dómok monoklin szerkezete akár vulkáni, akár komplex képződmények, a lepusztulás klasszikus képviselői. A vizsgált két égitesten a denudációs folyamatok derázio formájában történnek. A derázio két fajtája jól megfigyelhető főképp a holdi felvételeken. Így a terra-k és mare-k találkozásánál a hatalmas szintkülönbségek gyors tömegmozgású kőzetomlásokat hoznak létre. Ezen kőfolyások, kőlavínak a földivel hasonló módon játszódnak le.

A derázio másik fajtája a lassú tömegmozgás (húzódó törmelék) a Merkúrra jellemzőbb folyamat. A lejtő felső részéről lehúzódó törmeléktakarót az aprózódást pótolja. Az aprózódott anyag a Merkúr és a Hold esetében is vastagon borítja a felszínt.



A breccsák, kőzetolvadékok aprózódásából származó szediment, a Hold talaja, ez a regolit.

A felszínalakítási folyamatokban jelentős szerepe van a kőzetminőségnek. Kőzetmintáink a Hold felszínéről vannak, de a Merkúr bolygó kérge sem mutat jelentős eltéréseket (Gábris-Marik-Szabó 1988). A mare-területek bazalttakarója és a terra-k gránitszerű anortozítja a földihez hasonló lepusztulásformákat mutat. Egymásra merőleges repedések, amelyek a gránit kihűléses összehúzódásakor keletkeznek. E repedések a gránit tömegét nagy, négyszögletes hasábokra tagolják. Az aprózódás eredményeképpen sima és meredek sziklafalak jönnek létre. A bazaltlepusztulás formái eltérnek a földitől, ezeken az égitesteken oszlopos elválású, nagyméretű bazaltorgonákat nem találhatunk. A Holdon vizsgált bazaltok káliumot, ritka földfémeket és foszfort tartalmaznak nagyobb mennyiségben (KREEP-bazalt), amely sajátos formakincset eredményez.

- Fogalmak:
- denudáció
 - planáció
 - tönkösödés
 - medence, árok, völgy, síkság

Kráterek és krátervidékek

Mindkét égitest felszínét sűrűn fedik mindenféle méretű kráterek, a kis gödröktől a több száz kilométeres medencékig. A kráterek becsapódási eredetűek, eltekintve néhány romvulkán kalderájától.

Disszertációmban nem térek ki a kráterképződés időszakaira. Egyes szerzők szerint több nagy kráterképződési időszaka volt Naprendszerünknek. Ezek kétség kívül egybeestek a kisbolygó övezet perturbációival.

Megfigyelve a különböző típusú krátereket - gödörkráter, krátertenger,

klasszikus kráter - tapasztalhatjuk, hogy minél nagyobb a kráter, annál bonyolultabb lepusztulási formák figyelhetők meg rajta.

A nagyobb becsapódások nyomán létrejött magas kráterfal nagyobb relief energiájával változatosabb denudációs folyamatok színtere. A Hold- és Merkúr-kráterek közötti különbség felfedezéséhez jó szem és rendszeres mérés szükséges. A szekunder kráterek, amelyeket az elsődleges kráter köré kidobott anyag ütött, nincsenek annyira szétszóródva a Merkúron, mint a Holdon. A Merkúr-kráter mindig sekélyebb, mint ugyanolyan méretű holdbéli párja. Mindkét jelenség magyarázata a Merkúron jelenlévő nagyobb nehézségi erő. (Francis 1988)

Sajátos és szembeötlő felszínmorfológiai alakzatok a Merkúr párkányai: több száz kilométer hosszan követhető mély törések, lépcsőszerű képződmények. Sem a Holdon, sem a Marson, sem a Földön nincsenek hozzájuk hasonlóak. Kialakulásuk endogén eredetű, a likvid állapotú bolygó-mag lassú kihűlése, összehúzódó mozgása hozta létre e kéregredőket, mely folyamatban a Nap közelsége is jelentős szerepet játszott.

A Merkúr és a Hold sem hidroszférával sem atmoszférával nem rendelkezik. Így semmiféle fluviátilis erózió nyomai nem láthatóak. A légkör hiánya nemcsak a korábbiakban leírt meteorit becsapódásokat segíti, hanem a Napból érkező nagyenergiájú rövidhullámú röntgen és gammasugárzás is bombázza a felszínt. Ez felerősíti az inszolációs aprózódás hatását.

A Merkúr és a Hold felszínmorfológiai viszonyai a jelenben már csak igen lassú átalakuláson mennek keresztül, (Gábris-Marik-Szabó 1988) tekintve belső aktivitásuk megszűnését, illetve a meteorit becsapódások jelentős lecsökkenését. Az egyetlen nagyon fontos külső pusztító erő a korábbiakban részletesen leírt légkör hiányából adódó aprózódási folyamat.

Vénusz - Föld

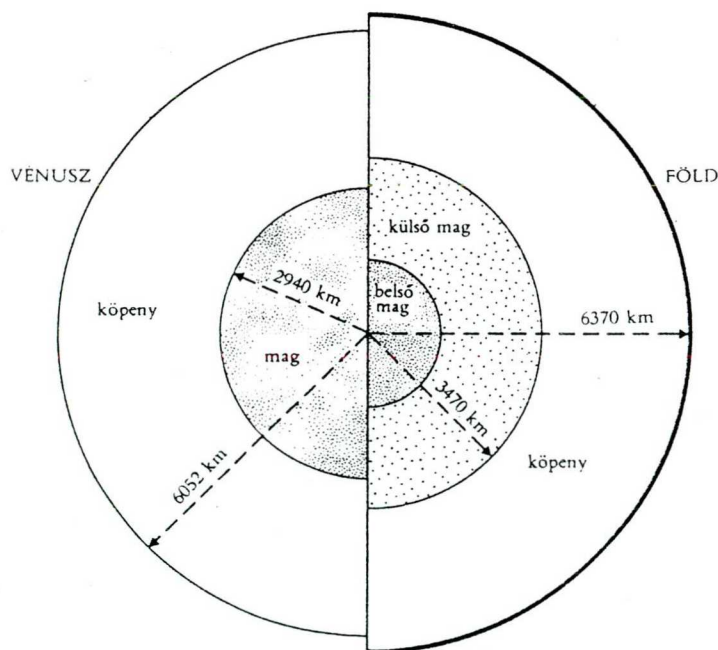
A Vénusz-Föld párba állításának indoka a jelentős atmoszféra jelenléte. A Merkúr-Hold fogalom analógiáival szemben itt a légkörrel, légköri tevékenységgel kapcsolatos kifejezések módszertani leírását tűztem ki célul. A Magellán szondák eredményei alapján a felszínnel kapcsolatos új információk is fontosok (*Tudomány* 1991/2) a fogalom analógiák összegyűjtésekor.

1. Belső szerkezet

A két égitest már elnevezésében is rokonságot mutat, hiszen Aphrodité és Gaia istennők testvérek voltak. A csillagászat-tudomány fejlődése során váltakozva hol rációfoltak, hol megerősítették ezt a rokonságot, hasonlóságot. A rádió-csillagászat majd később az űrkutatás eszközeinek segítségével egyre több információt kaphatunk a Vénuszról. A Mariner, Pioneer-Vénusz, Venyera, Magellán szondák információi a nagyon zord felszíni körülmények ellenére mégiscsak rokonságot mutattak ki a két égitest között. A Vénusz felszínmorfológiáját elemezve elsőként a belső szerkezetüket hasonlítom össze.

LI ág

—/ Feküldön-
sárga, sá-
jellemző-
sáit....?



7. ábra (Francis 1988)

Mivel mérete, tömege és sűrűsége a Földéhez hasonló, feltételezhetjük, hogy belső felépítésére is ugyanez érvényes: fémes mag, sűrű szilikátköpeny és szilikátréteg.

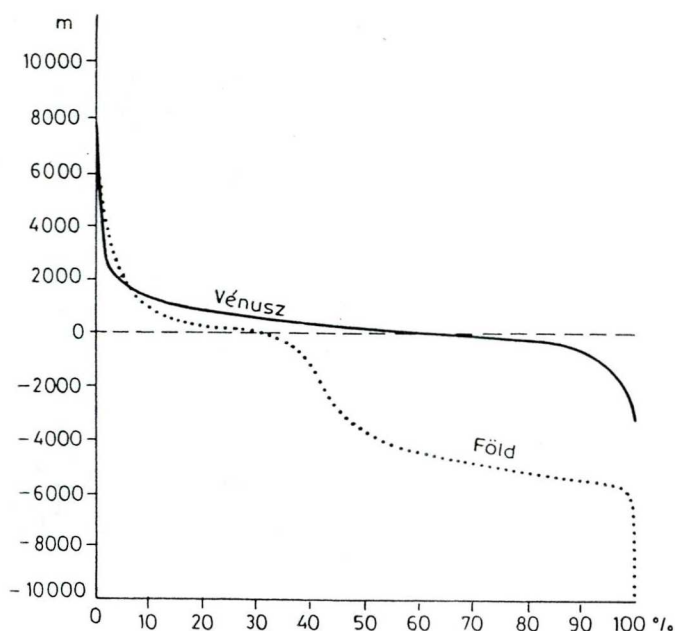
Földünknek egyik legjellemzőbb vonása a kvázi plasztikus asztenoszféra és az azt körülvevő vékony (8-30 km) hatalmas lemezekre töredező kéreg. Ezek a kéregrészek, a lemeztektonikai folyamatok során egymáshoz képest elmozdulnak. A radarmérések eredményei szerint nem valószínű, hogy a Vénuszon kéregmozgások előfordulnak. A Pioneer-Vénusz radartérképei sem utalnak jelentősebb lemeztektonikai mozgásokra (Almár 1988.). A jobb felbontású Venyera-15 és -16 felvételek tanúsága szerint mégis vannak tektonikus alakzatok a Vénusz felszínén. Az Ishtar-felföld területén poliklinális gyűrthegységek figyelhetők meg, ezek a "parkett" területek. A Vénuszbeli mágneses tér hiánya sem feltételezi egyértelműen a likvid állapotú fémes mag hiányát. A Vénusz tengelyforgása igen lassú s lehetséges, hogy e viszonylagos mozgás miatt nem jön létre a "dinamó jelenség". (Kulin 1980)

v hasonló

2. Felszínmorfológia

A Vénusz felszínének már 93%-a feltérképezésre került. Csak a pólusok területén voltak fehér foltok, de a Magellán szonda sajátos pályája ezen területeket is lefényképezte. A bolygó felület nagyrésze szűk magassági tartományba illeszkedik. A Vénusz hipszografikus görbéje jobbal kiegyenlítetebb mint a Földé. Csak egy magassági tartomány jellemzi, szemben a földi két maximumos görbével (Gábris-Marik-Szabó 1988). E tényező miatt nem feltételezhetünk lemezeket és lemezmozgásokat a Vénuszon (Gábris 1993).

1



8. ábra A Vénusz és a Föld hipszografikus görbéje
(Gábris-Marik-Szabó 1988)

T V

A kítűnő Magellán felvételeken ismert és teljesen váratlan geológiai alakzatok egyaránt láthatók. Ezek a teraszos vulkáni kalderák, lávafolyások, gyűrt hegyláncok és a szövevényes törésvonal-hálózatok a Vénusz belső aktivitását igazolják. (Saunders 1991).

X

A felszínformák megjelenése jelentős mértékben függ a kőzetek minőségétől. Jóllehet a Venyera szondák sokat elárultak a kőzetek kémiai szerkezetéről, semmit sem mondtak keletkezésükről. Erre több lehetőség jöhet számításba.

Legegyszerűbb, hogy ezek a Vénusz vulkánjainak lávái. Ezt nyomatékosan alátámasztja a bazaltlávákra jellemző gammasugárzás, amely jó összhangban van a bazaltlávák naprendszerbeli általános elterjedtségével. Ez ellen szól viszont, hogy mind a Venyera-9, mind a Venyera-10 képei rétegződést mutatnak, ami lávák esetében nem fordul elő, inkább az üledékes kőzetekre jellemző. A képek minősége miatt sajnos arról már nem kaphatunk

dehogyan!

felvilágosítást, mitől látszik a kőzet rétegesnek. Ha különböző ásványok rétegei vannak egymáson, a láva nem jöhet szóba. De ha a rétegződés látszatát vízszintes tagolódás vagy törés okozza, akkor szó lehet laváról is. A földi lavák között is ismerünk példákat, amelyeken "lapos tagolódás" látszik, gyakran a talajfelszínnel párhuzamosan. Ezt valószínűleg az üveges láva gyors kihűlése okozta. Bár ez nagy mennyiségű víz jelentését feltételezi. A tagolódás némely esetben elég jelentős mértékű és a repedések elég közel vannak egymáshoz ahhoz, hogy ez a kőzet táblás töredezéseikhez vezessen. (Francis 1988)

Bár a bazaltlavák jutnak elsőnek eszünkbe, sok más kőzet is van, amely hasonló összetételű. Vannak olyan mélységi kőzetek (gabbró), melyek nem a bolygó felszínén, hanem mélyen a külső réteg alatt kristályosodnak ki, és egyes esetekben határozott réteges szerkezetet mutatnak. És végül a vulkánok sem mindig lavát dobnak ki, egyesek tekintélyes tömegű hamut (vulkáni port) szórnak szét a légkörbe. A Vénuszon az ilyen vulkán által kidobott por sokáig a légkörben tartózkodhat, míg a felszínre leülepszik. Sőt előfordulhat az is, hogy az egész Vénuszt vulkáni hamu borítja. Ha ez megszilárdul vagy megkövesedik, éppen olyanak tűnhet, mint amit a Venyera képein látunk.

Másik lehetőség, hogy (a kőzetek ^{erék} megolvadt és kidobott anyag maradványai, amelyek valamikor a múltban keletkeztek nagy meteoritok becsapódásai alkalmával. Minden eddig vizsgált szilárd bolygófelszín meteorbecsapódások nyomait mutatta, így a Vénuszon is be kellett következniük ilyen eseményeknek. Az is lehetséges, hogy a Vénusz távoli geológiai múltjából származó tényleges üledékes kőzetekről van szó, amelyek megkövesedtek, majd az erózió felszínre hozta őket. De a Vénusz igen száraz hely, ezért nehezen tudják az ilyen üledékek keletkezését víz nélkül elképzelni.

Bár a Vénuszon látott kőzetek nagyon hasonlítanak a bazaltlavához, még sincs elegendő bizonyítékunk arra, hogy valóban azok. (Francis 1988.)

3. Eróziós folyamatok

A Vénusz felszíni tagozódása eltér a földitől. A kontinensek aránya Földünkön 29%, míg a Vénuszon alig tíz százalékos. Isthar és Aphrodité földje lenne az összes szárazföld, ha a Vénuszt is víz borítaná. Ezért a relief-különbségek az erózió szempontjából lényegesek. A felszínélőkészítő folyamatok közül sem az aprózódás, sem a mállás nem tipikus, de mindkettő megtalálható. Deráziós folyamatok nyomai megfigyelhetők a nagy relief-energiájú területeken, így Isthar-földjén, Béta-régióban és Aphrodité-földjén. A bolygó felszínének jelentős része azonban hullámos, sík terület. A roppant sűrű légkör 90-100 atmoszférás nyomás, és az állandóan magas hőmérséklet (460-480 ° C) a belső erőkkel együttműködve változatos topográfiát eredményez. A jelentős atmoszféra a felszínen kis szélsébséget produkál. E rendkívül kis szélsébség ellenére több helyen (Lavínia síkság) megfigyelhetők a szél eróziós nyomai valamint a szél által lerakott rétegek. (Saunders 1991)

A Venyera felvételeken látható lapos kőzetek, kavicsok, porszerű anyag, vulkáni bombák, ^{az}exploziós vulkánosság, ^{az}tufaszórás eredménye. Lassú szedimentáció, a kénsavas esők és a légkör kitartó munkája egyengette a felszínt ilyenné. Ózon hiányában a víz atomjaira eshetett szét, így eróziója nem hagyott nyomot a Vénuszon. (Francis 1988)

A legfőbb felszínformáló erők tehát nem exogén, hanem inkább endogén eredetűek. Nagyon sok kráter található a felszínen, amelyek közül jónéhány becsapódási képződmény, de jelentős vulkáni aktivitás is feltételezhető. A Magellán szonda "gyanús" felvételein jelenkori változásokat vélhetünk felfedezni a bolygó hegyvidéki területein. A Sapos Mons és környéke összehasonlító fotóin mintha friss lávafolyások újították volna meg a felszínt. Törésvonalak és töréses árkok húzódnak a Vénusz Lavínia nevű területén. E szerkezetek szélessége 70 métertől több kilométerig terjed. Északi végük gyakran elnyúlt mélyedésekké szélesedik, amelyeket a Gumby nevű rajzfilm figuráról Gumboidoknak neveztek el. Ezek a képződmények akkor alakulhattak ki, amikor a felszín alatti magma valamilyen kőzetgátba ütközött, majd kiszabadult és a felette levő kéreg beszakadt. A hatalmas, kör alakú koronára emlékeztető alakzat lehet az a hely, ahol óriási mennyiségű forró magma áramlott fel a Vénusz belsejéből. A koronából sugárirányban kiindul

törésvonalakat az a feszültség hozta létre, amely akkor lépett fel, amikor a magma elérte a bolygó felszínét. A koronák földi megfelelői a vulkáni forró foltok; ilyen hozta például létre a Hawaii-szigeteket is (Saunders 1991). Csakhogy itt a vulkáni hegy jóval magasabb, mert a kontinensvándorlás nem vonszolja tovább a köpenyből táplálkozó vulkánt, és hozzá járul ehhez a földinél kisebb gravitáció, így az tekintélyes méreteket ölthet a Mars vulkánjaihoz hasonlóan. Úgy látszik tehát, ezek a belső folyamatok újítják meg napjainkban bolygószerkezetünk felszínét.

✓ felvétel
A .

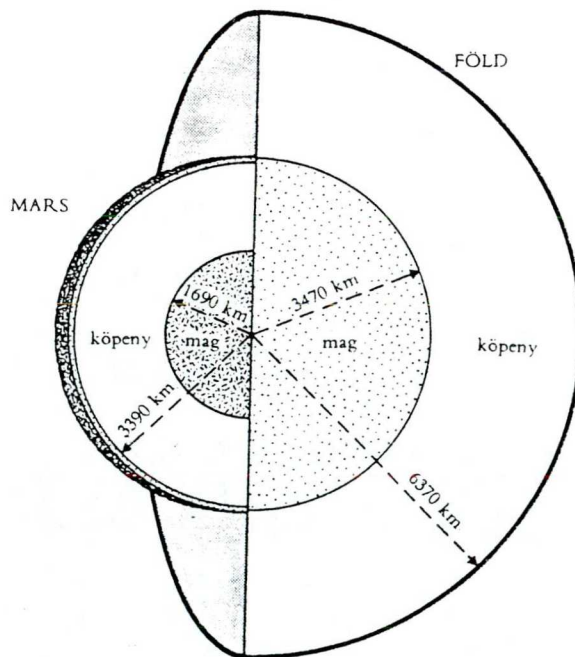
- Fogalmak:
- vulkáni kaldera, lávafolyás
 - "hot spot" (forró foltok)
 - terasz
 - árok, síkság, törésvonal
 - gyűrt hegylánc
 - hipszografikus görbe
 - kőzet típusok:
 - mélységi magmás
 - kiömlési
 - üledékes
 - erózió:
 - eolikus formák
 - impakt kráterek
 - légnyomás, szél
 - üvegházhatás
 - szoláris állandó

A Mars

A Mars-Föld összevetésekor szinte a teljes természetföldrajzi fogalomrendszer használható.

1. A bolygó belső felépítése, szerkezete

A Földünkkel való összehasonlítás során szembevető a Mars bolygó kisebb tömege és sűrűsége. Valószínűleg a bolygó magja kisebb, mint a Földé és vas, illetve vas-szulfidokból áll. A feltételezések szerint a köpenyrégió nagyobb sűrűségű, mint Földünkön. Ezt a magasabb vasoxid tartalomnak tulajdoníthatjuk. Valószínűleg ez a tényező a kulcs a bolygó geológiájához.



9.ábra (Francis 1988)

Ez eredményezte egy-egy vulkáni kúp estében a földi vulkánoknál is nagyobb mennyiségű bazaltlávát. A köpenyt borító vastag kéreg, amely kb. 100 km lehet, többszöröse a földi kéreg vastagságának, ^{és így} amely a lemeztektonikai folyamatokat lehetetlenné tette a Marson. Ez a kéregvastagodás a geológiai múltban folytatódott egészen addig, míg a köpeny legforróbb pontjai fölött is bezárult az út a pajzsvulkánok felé. Úgy tűnik, hogy a tektonikus folyamatok, amelyek sohasem voltak olyan méretűek, mint a Földön, napjainkra teljesen megszűntek. Ezek az endogén erők, melyek még egymilliárd évvel ezelőtt is intenzíven működtek, alakították ki a marsfelszín földihez oly hasonló arculatát, melyből azután a külső erők a földi sivatagokhoz hasonló formációkat hozhattak létre.

2. Felszínformák vizsgálata

A korábbiakban disszertációmban utaltam arra, hogy a Föld-típusú égitesteken, így a Marson is előszeretettel használják a terra illetve mare elnevezéseket. A Marsra sem voltak sohasem jellemzőek a földihez hasonló óceánok, de ezek az elnevezések segítik a bolygófelszín felosztását. A Mars felszínét vizsgálva meglepően nagy különbséget mutat az É-i és a D-i félteke. A D-i oldalon a Hold felföldjeihez hasonló, kráterekkel sűrűn borított terep található. Az űrszondás vizsgálatok nem erősítették meg a sötét (mare) és a világos (terra) terület elnevezés használatát. Éppen az intenzív anyagátrendeződés miatt (Gábris-Marik-Szabó 1988) Még a nagy becsapódási medencéket is megtalálhatjuk, mint az Argyre és Hellas nevezetűek, amelyek a nagy holdbéli medencék az Imbrium és Orientalis párjai. Az É-i félteke egészen más. Itt az areális vulkanizmus hatalmas bazalt-síkságokat hozott létre. Ezeken a területeken csak kis kráterek és hosszú keskeny hasadékok teszik változatossá a felszínt. A Mars kráter-sűrűségének tanulmányozásából két fontos következtetést lehet levonni. Az első, hogy a bolygó lapos síkságai hasonló korúak a Hold mare területeivel. A második, ^{azaz} a kis kráterek hiánya jelentős eróziós tevékenységre utal. A kráterek mellett a legfontosabb felszínformák a vulkáni kúppal tarkított hátságok. A földi vulkáni pajzsokhoz hasonlóan (Hawaii-szigetek) itt is óriási centrolabiális tűzhányók találhatók. Ezeket a vulkántípusokat a Vénuszon is hasonlóan ismerhettük meg (Sapos Mons).

Joggal feltételezhetjük, hogy a Naprendszer kialakulása során a Naptól mért 0,7-1,5 csillagászati egység távolságra létrejött Föld-típusú bolygók hasonló fejlődési ~~menet~~ mentek keresztül, és belső felépítésük, kéregszerkezetük függvényében vulkáni folyamatok játszódtak le. Ennek eredményeként találhatunk nagyon hasonló alakú és genetikájú hegyeket Földünk bolygósomszédain. Kétségtelen, hogy a Mars rendelkezik a legvastagabb kéreggel, amely jelentős lemeztektonikai mozgások híján képes volt létrehozni Naprendszerünk legóriásibb vulkánjait. Ezek közül is kiemelkedő az Olympus Mons, mely nem kevesebb, mint 23 km magas. Földünkön ilyen méretű hegyóriások az izosztázia működése és a nagyobb gravitáció miatt sohasem alakulhatnak ki. A másik jelentős különbség, amely miatt a Marson hatalmas vulkáni kúpok emelkedhettek, a lemeztektonikai folyamatok hiánya. A kéreglemezek vándorlása miatt a Földön egyetlen vulkán sem áll ugyanazon a helyen, így eltávolodik az alatta lévő köpenycsatornától és utánpótlás hiányában megszűnik tovább növekedni. A "hot spot" azonban tovább szállítja a felszín felé energiáit, így új vulkán keletkezik a régi mellett. A lemeztektonikának a nyomait a Mars felszínén a Valles Marineris hatalmas szakadékvölgyében figyelhetjük meg. Hasonló folyamatok Földünkön is lejátszódtak például a Jura időszakban a Tethys geoszinklimális kialakulásakor. A Marson azonban ez a folyamat valószínűleg a vastag kéreg miatt hamar befejeződött és a bolygókéreg nem tudott lemezekre szakadni. Ezért maradhattak a Mars vulkánjai a kéregnek mindig ugyanazon a helyén hatalmas hegyként. Így tehát ezek a tűzhányók a Mars-felszín legfiatalabb képződményei. Ennél csak a külső erők által lepusztított alakzatok fiatalabbak. (Gábris -Marik-Szabó 1988).

→ *ju*

3. Eróziós folyamatok

A felszínelőkészítő folyamatok közül az aprózódás és a mállás is szerepet játszik a bolygón. Mivel az égitest a földihez hasonló 24° -os pálya hajlás-szöggel és 24 óra 32 perces rotációs periódussal rendelkezik, a földihez hasonló napi és évi hőmérsékletjárás figyelhető meg. A különbség, hogy ez a termikus ritmus alacsonyabb hőmérsékleti értéken történik. A légkör és a víz három halmazállapotú jelenléte a földihez hasonló módon alakítja, alakította a felszínt. Így a továbbiakban beszélhetünk a szél, a poláris jégtakaró és a

*és mély-
ségebb!*

gravitáció, mint felszínalakító erő munkájáról. Külön említést érdemel a fluviátilis erózió, amely a hajdani folyók tevékenységének eredményeként sajátos hidrogeográfiai formákat hozott létre.

A Mars múltjában és jelenében is az egyik legjelentősebb felszínformáló erő a szél. A Mars légköre ma nagyon ritka, de a felszínen található eolikus formák feltételezik a sűrűbb légkör jelenlétét a bolygón. Hatalmas dűnesorokat, barkánokat, helyenként "líbiai buckákat" láthatunk a felvételeken. A szél szelektív pusztító munkát végez, energiájától, erejétől függően különböző szemcsenagyságú anyagokat képes szállítani (Gábris-Marik-Szabó 1988). Így az aprózódással előkészített felszín a földi sivatagokhoz hasonlóan három nagy formacsoportra osztható. Ezek a kavics-, és homoksivatagok, a földi hamma, szerir és erg megfelelője.

A nagyenergiájú szél hozza létre a kősvatagokat, ahonnan kifújja a kisebb szemcsenagyságú anyagokat. Így jöhetnek létre a deflációs medencék. A szél a szállított szemcsékkel szélmarást, korráziót okoz a felszín kőzetein. A szél energiájának csökkenésével a szállított hordalékot lerakja, eolikus formákat, dűnéket épít. A jelenlegi ritka légkör csak a legfinomabb szemcsenagyságú anyag szállításához elegendő energiával rendelkezik. Így ma már nagyméretű dűnék felhalmozása nem lehetséges, inkább ezek felszínét pusztítja, alakítja a kis sűrűségű, de nagy sebességű légtömeg. A jelenben is képződő leggyakoribb formák a homokfodrok (ripplemark). Ilyeneket figyelhetünk meg a Pavonis Mouns kalderájában is, ahol a kráterfal barázdáltsága a szél eróziós hatásának eredménye. (Francis 1988)

Látható tehát, hogy ma a Marson a szélerózió a legfontosabb felszínalakító erő, mely az egész bolygóra kiterjed. A hőmérséklet különbségéből fellépő nyomáskülönbség bolygóméretű porviharokat okoz. A szállított igen finom törmelék lassan szedimentálódik, újra és újra megváltoztatva a felszín jellegét. Egyes kráterek, kőtömbök teljesen betemetődnek, másokat éppen a szél munkája exhumál. A szél munkája a poláris jégtakaró peremét is eléri, amely a bolygó másik igen fontos eróziós területe. Az egész sarkvidéki zóna a fiatal intenzív felszínfejlődés jellegzetességeit mutatja. (Gábris-Marik-Szabó 1988).

Mai ismereteink szerint a poláris jég nagy része szénsav, hó és vízjég. A korábban leírt évszakos váltakozások a Marson jól lemérhetők a jégtakaró

kiterjedéséből és összehúzódásából. A földi távcsövekkel is megfigyelhető nagy kiterjedésű szárazjég, a nyári melegben (-68°C) elolvad. Ekkor tapasztalhatjuk a poláris jég visszahúzódását, ^{mint} Ekkor már csak a vízjég marad meg jégsapkaként. A poláris jég felszínalakító munkája szelektív és areális. Közetminőségtől függően csiszolja a felszínt, hullámos térszíneket létrehozva.

A Mars esetében szubglaciális olvadákvizekről nem beszélhetünk az alacsony hőmérsékletek miatt. A poláris jégtakaró kiterjedésének határa (a földi elnevezésben Glint-vonal) a jég akkumulációjának területe.

A Marson ez speciális formában a jég és a szél együttes akkumulációs tevékenységeként jelenik meg. A szél ^{erő}erőbázisa a jéghatára. A hósapkák bonyolult szélfúttá porból épült paláستtal vannak körülvéve. De találhatunk lapos rétegződés-formákat is, a szálás szerkezetű felszínen. Ez sajátos kombinációja a szél és a jég munkájának.

A bolygófelszín egyedülálló képződményei a kanyargós futású csatornarendszerek, melyhez hasonlót Naprendszerünkben csak a Földön találunk. Ezek minden kétséget kizáróan folyóvízi erózió eredményeként jöttek létre. Tudjuk azonban, hogy ezek a felszínformák a jelenben nem képződhettek. Ma a Marson az igen kis légnyomás miatt a víz csak 0°C és 2°C között lehet folyékony halmazállapotú. Ez pedig csak mikrocsepdek, azaz harmat formájában (téli dér) jelenik meg a felszínen. A folyóvízi erózió csak a múltban működhetett, amikor a Marsnak a maiénál feltehetően jelentősebb atmoszférája volt. A Vénuszhoz hasonlóan a Mars sem volt a vizek bolygója, de komoly vízfolyásai mindenképpen voltak. A víz jelenlétének ideje a Marson a folyómedrek által átszakított kráterek illetve a folyómederbe becsapódó meteoritok arányából állapítható meg. Ebből tudhatjuk, hogy marsi viszonylatban fiatal képződmények a folyómedrek, de lényegesen idősebbek a földfelszínen található mai folyóinknál (500 millió év). A Mariner és Viking űrszondák felvételeit elemezve különböző medertípusokat figyelhetünk meg. A reilef energia, vagyis a domborzat függvényében megfigyelhetünk felsőszakasz jellegű folyómedreket. Ezek élesen bevágódva egyenes futású "V" alakú völgyet vájtak. A fotókon ezek gyakran egy sziklafalnál hirtelen véget érnek. Feltehetően ezeken a területeken hatalmas vízesésként érte el a folyó erózióbázisát. A másik formátípus a kanyarulatokkal rendelkező lineáris és laterális eróziót egyaránt végző folyómeder. A harmadik típus a síkvidéki, lapos

mint

a határ nem terület!

?
ON

területek oldalazó eróziót végző széles folyómedrei. Így jelentős számban megfigyelhetünk egymásba futó folyókat, torkolatokat, zátonyképződményeket és folyómedrek által közrefogott szigeteket. (Francis 1988)

A bolygó folyómedreinek morfológiáját tanulmányozva a földi sivatagi folyókkal mutatják a legnagyobb hasonlóságot. Valószínűleg ezek a múltbéli, gyakran Duna méretű vízfolyások lefolyástalan területek végtavaiba ömlöttek. (Herrmann 1992). A Földön ma hasonló morfológiai formát mutat a Szir-Darja, Amu-Darja és az Aral-tó együttese. A marsi folyómedrek koruknál fogva jelentős eltéréseket mutatnak a földi társaikétól. Több száz millió éve, némelyik több milliárd éve kiszáradt állapotban a külső erők ostroma alatt áll. Ezért alaktanilag sajátos lepusztulási formákat lehet felfedezni rajtuk. A deráziós folyamatok eredményeként a kanyarulatok mederfalai leomlottak, jelentősen kiszélesítve az eredeti folyómedret. Másutt a szél akkumulációs munkája temetett el folyószakaszokat. Megint másutt a becsapódási kráterek tették felismerhetetlenné a folyó medrét. A fényképek tanúsága szerint nincs kapcsolatban a Mars folyómeder hálózata a vulkáni területekkel. Feltehetően a Mars pályaelemeinek megváltozásával a földihez hasonló klímaváltozások léptek fel a bolygón és a ma megfigyelhető fluviátális eróziós formák e korszakból származó hatalmas víztömeg munkájának eredményei. A Mars bolygó jégkorszakaira vonatkozólag kevés adat áll rendelkezésünkre, de lévén a földihez hasonló pályaelemek és a nagyobb naptávolság több jégkorszak kialakulását feltételezhetjük.

A Mars néhány vidékén különösen a D-i félteke erősen kráteres területein és a lapos síkságok határán gleccser által szállított moréna halmok figyelhetők meg. Néhány esetben jól kivehető az U alakú trog és az előterében elhelyezkedő végmorénasánc-rendszer. Ez az osztályozott törmelék a jégkorszak nagyobb gleccsereinek munkáját bizonyítja. Megfigyelhetünk más arktikus, szubarktikus klímára utaló felszínformákat is. A poligonális tundrához hasonló, de jóval nagyobb kiterjedésű sokszögű formát mutató síkságokat láthatunk a Mars felvételeken. A Mars vízkészletének jelentős része talajvíz formájában szilárd halmazállapotban, vagyis talajjégként volt jelen. A klímaváltozások során az ősi jégtakaró olvadását követően a felszín több helyen beomlott és dombocskák halmazát hozta létre. (kaotikus dombvidék, Capri régió. (Gábris-Marik-Szabó 1988)). Az olvadó jégből meginduló patakok

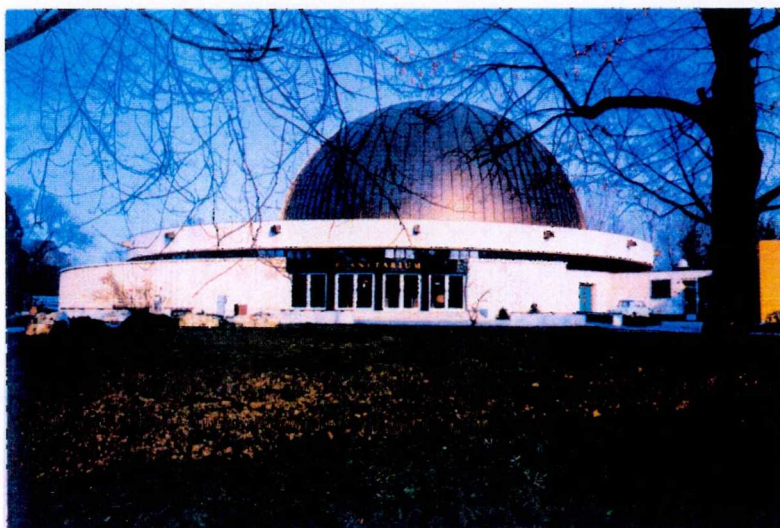
erodáltak a felszínt. Ilyen klímaidőszakból származhatnak a földi szolifukációs folyamatokhoz hasonló csuszamlások. Ezek a lassú tömegmozgási folyamatok a Mars vízkészletének elvesztése után szárazon is végbementek. A terger, ^{2/}folyó, szél által felhalmozott hordalékból üledékrétegnek kell képződnie. Vajon vannak-e a Marson üledékes kőzetek? Kézzelfogható kőzetmintáink nincsenek a Marsról, csak a közelfotók segítenek a geológiai vizsgálatok során. A Viking fotókon tömör és lyukacsos szerkezetű kőzeteket egyaránt láthatunk. A tömör szerkezetű kőzetek a bazalt, gabbró lepusztulás formáit mutatják. Egyetlen fotón sem látható szubmarin pillow-láva. A párna-láva hiánya a tengeri, óceáni fázis hiányára utal. Oszlopos és lemezes elválású bazaltok sem láthatóak, ami a hirtelen kihűlésre utal. A felvételeken látható likacsos szerkezetű kőzetek az iniciális és finális vulkanizmusra jellemző gázzárványokban gazdag kisebb sűrűségű vulkanitok. Természetes módon ezek a kőzetek a marsi aktivitás utolsó szakaszának képviselői a felszínen, és szivacsos szerkezetüket a gázbuborékok eltávozása után kapták.

Megállapíthatom tehát, hogy az összehasonlított bolygók közül felszínalaktanilag a Mars a legváltozatosabb. Ezért az általános természetföldrajzi fogalmak globálisan jelennek meg ebben a részben. A marsi-földi analógiák nem jelentenek azonosságot, de a földrajzi szakkifejezések oktatásában elsőrendűen alkalmazhatók. Pontosabb információkat már csak kőzetminták vizsgálata után szerezhethetünk. Naprendszerünk egyéb szilárd felszínnel rendelkező égitestei (óriásbolygók holdjai) felszínmorfológiai szempontból nem mutatnak újat az általam elemzett bolygókhoz képest. Részletes vizsgálatukat ismereteink jelentős hiánya akadályozza.

- Fogalmak:
- lemeztektonika
 - pajzsvulkán, iniciális, finális vulkanizmus
 - centrolabiális vulkán, szubmarin pillow-láva
 - izosztázia
 - köpenyecsatorna
 - geoszinklináris
 - eolikus formák, dűne, barkán, bucka, hammada, szerir,
 - deflációs medence
 - korrázio

- glaciológia, poláris jég, gleccser, moréna, szubglaciáris
- glint-vonal, akkumuláció
- erozióbázis
- fluviátilis erózió, szakaszjelleg, torkolat, zátonyképződ-
mény
- lefolyástalan terület, végtavak
- szoliflukció

VII. SZEMLÉLTETÉS A PLANETÁRIUMBAN



6. Kép

A planetárium elsősorban ismeretterjesztő intézmény, a csillagászat pedig természettudomány. E kettő kapcsolatáról a magyar és idegen nyelvű szakirodalom számos cikkben, könyvben foglalkozott már. A planetáriumnak a látogatói főként fiatalok, többségük 10-18 éves tanuló, akik valamennyien tantárgy keretében hallanak csillagászatról. A planetárium feladata, hogy ennek a rétegnek a művelődési igényét az iskolában tanultakkal összhangban kiegészítse, a meglévő ismerethalmazból pedig egységes természettudományos világképet alakítson ki. A planetárium - az iskolai tantestületekkel együttműködve - alkalmas lehet erre a feladatra, hiszen speciális technikai felszerelésével komplex audiovizuális oktatást végezhet. Ezeket a lehetőségeket azonban mélyebben csak igen kevesen ismerik, s akár az általános, vagy középiskolai tanárokat, akár a főiskolai oktatókat kérdeznénk meg, szükségük van-e rá, tudnák-e hasznosítani a planetárium valamely tevékenységét munkájukban, feltehetően kevés konkrét és sokkal több bizonytalan választ kapnánk. Pedig nemcsak a csillagászat, a földrajz, hanem

más természettudományok eredményeit is kiválóan lehet szemléltetni a planetárium segítségével.

A fejezet célja, hogy megmutassa, miként lehet a felsőfokú oktatás szerves részévé tenni a jól megválasztott planetárium-látogatásokat, s mit célszerű tudnia a planetáriumról minden oktatónak. A mesterséges égbolt nyújtotta szemléltetést a "Százmilliárd csillag világa " című előadás példáján mutatom be.

Korábban, 5 éven keresztül a Pécsi Planetáriumban dolgoztam. Ez idő alatt több mint 2000 előadást tartottam a planetárium műszerével. Így sikerült folyamatosan nyomon követnem az iskoláskorú látogatók csillagászat-földrajzi ismereteinek változását. Meggyőződésem, hogy a planetárium, mint szemléltető eszköz a csillagászati földrajz tanításában semmi mással nem pótolható. A mesterséges égbolt bemutatása még számos kiaknázatlan lehetőséget rejt magában.

A PLANETÁRIUM ÉS A CSILLAGÁSZATI OKTATÁS

Magyarországon jelenleg egy nagy és egy kis planetárium működik. A nagy planetárium kupolája 23 méter, a kecskeméti kis planetárium kupolája 8 méter átmérőjű. Felhasználásukat tekintve a nagy és kis planetáriumok között nem lehet minőségi különbséget tenni. A nagy planetáriumok több technikát alkalmaznak, s így több látványt nyújtanak, de általában személytelenebbek, ezért az iskolai oktatásban nehezebben alkalmazhatók. Ezzel szemben a kis planetáriumok iskolák mellé épülnek, s az oktatásban jóval hatékonyabbak lehetnek. Fontos megemlíteni egy véletlennek látszó érdekes összefüggést:

Azokban az országokban, ahol a tanulóifjúság az iskolai oktatás keretében nagy óraszámban tanul csillagászatot, a planetáriumok száma sokkal több. Jó példa erre Ukrajna, Oroszország, de talán még jobb a hazánkkal könnyebben összehasonlítható Németország említése. Németországban a 10. osztályban szerepel a csillagászat tantárgyként, s az ország területén tízszer annyi planetárium van, mint hazánkban. Azokban az országokban, ahol a

csillagászatot tantárgyként oktatják az alsó- és középfokú iskolákban, ott a planetárium-látogatások szervezeten, az iskolákkal együttműködve zajlanak. Hazánkban más a helyzet. Kevés planetáriummal rendelkezünk, másrészt az iskolai tantárgyak között nem szerepel külön tárgyként a csillagászat. Néhány természettudományi tárgy, például a környezetismeret, a fizika, a földrajz egy-egy fejezetet szentel erre a témára egyes évfolyamokon, de az így nyújtott csillagászati ismeretek mennyisége messze alatta marad a kívánatosnak. Tekintsük át - vázlatosan - a csillagászati ismereteket az egyes tantárgyakban.

Környezetismeret	- égtájak kijelölése a Sarkcsillag segítségével
4. osztály	- a nap látszólagos útja a nappali égen
5. osztály	- földrajzi fókusz, koordinátarendszer - szoláris éghajlati övek elhelyezkedése a Földön
Földrajz	- a csillagászat története Newtonig
8. osztály	- a földrajzi helymeghatározás - a Föld mozgásai és következményei (nappal- éjszaka, évszakok) - időszámítás; helyidő, zónaidő - a Nap adatai, energiatermelése, naptevékenység - a Naprendszer égitestjei - színképelemzés, űrkutatás 10 sor kiegészítő adat - a Hold mozgásai, fázisai (fogyatkozások) - a csillagok távolsága (fényév), csillaghalmazok - Tejút és extragalaxisok (kieg. anyag) - csillagközi anyag, csillagkeletkezés (kieg.anyag)

Gimnázium

I. osztály

- a földi légkör szerkezete,
- üvegházhatás
- éghajlati zonalitás

A felsoroltakon kívül a fizika néhány fejezete tárgyalja a csillagászat egyes témaköreit, de ez nem témája dolgozatomnak. A fenti lista nem nyújt pontos tájékoztatást arról, hogy végül is mi az, amit egy tanuló megtudhat a csillagászatról iskolai tanulmányai során. A felsorolás eleve nem teljes, hiszen a középiskolai földrajzból csak a gimnáziumok tananyagát tünteti fel, de a szakközépiskolákban, illetve szakmunkásképző intézetekben csak ennek töredékével vagy egyáltalán nem találkozhatunk a csillagászati földrajzzal.

A felsorolásból - hiányossága ellenére - kitűnik néhány alapvető probléma:

1. A csillagászati információk mennyisége a tananyagban roppant egyenlőtlen. Tapasztalati tény, hogy a tanulók 10-15 éves koruk között a legfogékonyabbak az új ismeretek elsajátítására. Igazolja ezt a diákok számára indított csillagászati szakkörökbe jelentkezők nagy létszáma. Ezzel szemben a tanterv csupán az általános és középiskolai tanulmányok végén, tehát a 8. és IV. osztályban nyújt bővebb információt erről a tudományról. (S mit szóljunk az olyan súlyos elvi tévedésekhez, mint amilyent a 6. osztályos földrajz tankönyvben találunk: "Az északi sark a Sarkcsillagról (Arkturum) kapta a nevét".)

2. A csillagászati témájú fejezetek elhelyezkedése a tanmenetben magában foglalja a teljes kimaradás lehetőségét. A tanév során összegyűlt lemaradásokat a tanárok év végén igyekeznek pótolni, s így a csillagászati földrajzot kiegészítő anyagként kezelve egész egyszerűen elhagyják. Így nem fordítanak kellő energiát és időt a szemléltetésre és számonkérésre. Vannak persze kivételek, de az általános kép meglehetősen szomorú.

3. További problémát jelent, hogy a tananyagban szereplő minimális csillagászati földrajzi ismeretek tartalmilag sem felelnek meg korunk kívánalmainak. A közölt ismeretek szintje sok évvel elmarad korunk ismereteitől, s így történhet meg, hogy a tanulók sosem hallottak Herschelről, Halleyről, Ciolkovszkijról, vagy a rakétaelv és a mesterséges holdak népgazdasági jelentőségéről.

Általában azt mondhatjuk, hogy csillagászati tananyagrészek igen hézagosak és végképp nem alkalmasak egységes természettudományos világszemlélet kialakítására. Ez valószínűleg annak a sajnálatos ténynek köszönhető, hogy a csillagászat nem önálló tantárgy és így nem tud teljes harmonikus egészet alkotni. A legutóbbi években kezdődtek el azok a kísérletek, amelyek során - gimnáziumi fakultáció keretében - magasabb óraszámban önálló tárgyként választható a csillagászat. Szépséghibája, hogy csupán egy szűk réteg, a gimnazisták információs lehetőségét bővíti, s kirekeszti ebből a lehetőségből a nem gimnáziumi középiskolai tanulókat, vagy általános iskolák diákjait.

A planetárium műszer

A planetárium a jénai Zeiss Művek MEDIUM típusú műszere. Fő eleme a csillaggömb, amely összesen 4000 csillagot vetít (ennyi a szabad szemmel megfigyelhető csillagok száma) a kupolára. Külön elhelyezett vetítőberendezéssel a legfontosabb csillagképek figurális ábrái is megjeleníthetők a mesterséges égbolton. A Tejút sávját külön rendszer vetíti a kupolára. A csillaggömb alatt kör alakban helyezték el a Nap, a Hold és az öt szabad szemmel látható bolygó (Merkur, Vénusz, Jupiter, Mars és Szaturnusz) projektorait. A műszer főtengelyén találhatók az égi főkörök (ekliptika, egyenlítő, meridián) vetítői. A szemléltetést szolgálják a horizont, a vertikális kör, az órákör és a hajózási háromszög vetítésére alkalmas projektorok. A Föld egyéb mozgásainak szemléltetését biztosítja a tavaszpont projektor és az időszámításhoz szükséges középnap vetítő. A műszer az égi mozgások valósághű látványát különböző tengelyek körüli változtatható sebességű forgások együttes hatásával éri el. Az égbolt napi és évi mozgásain túl a

precessziós tengely körüli mozgás, a szélességi és a horizontális mozgás mutatható be a megfelelő tengelyek körüli forgatással, így lehetőség van arra, hogy a Föld bármely pontjának égboltját bemutassuk a nap bármelyik órájában vagy az év bármely napján. Kiegészítő berendezés még az ún. szatellita projektor vagy műhold vetítő, amely a szabad szemmel látható műholdak mozgását szimulálja valósághűen. Tekintsük át, milyen ismereteket szemléltethetünk a planetáriumi műszer segítségével.

A csillagos égbolton egyszerre háromféle égitestet mutathatunk be: csillagokat, bolygókat, holdat. Ezeknek az alapfogalmaknak a tisztázása nagyon könnyű és jól illusztrálható feladat.

A figurális csillagképek, a zodiákus, a cirkumpoláris csillagképek bemutatását teszik lehetővé. Az állatövi és cirkumpoláris csillagképek ismerete segíti az égbolt felosztását és így a tájékozódást. Szemléltethető a csillagképeket alkotó csillagok valóságos távolsága is. A déli éggömb csillagképeit akkor mutatjuk be, ha az előadás célja a teljes égbolt ismerete.

A napi égboltváltozások bemutatása újabb alapfogalmak megismerését teszi lehetővé (égi pólusok, zenit, meridián, kelés-delelés-nyugvás stb.). Ezt kiegészíthetjük szélességmozgással is, hiszen nagyon látványos a Nap járásának szemléltetése az Északi-sark vagy az Egyenlítő fölötti égbolton.

Az évi mozgások vizsgálatával a Nap évi útját, a bolygók Nap körül végzett mozgását figyelhetjük meg. Ez ad lehetőséget az évszakok kialakulásának magyarázatára. A napi és évi mozgás együttes bemutatásával szemléltethetők a fogyatkozások és a Hold fényváltozásai.

Csillagvárosunk szerkezetének ismertetésekor kerülhet sor a Galaxis bemutatására. Saját csillagrendszerünk belső szerkezetét a "Tejút" halvány sávja szemlélteti. Galaxisunk elképzelt külső alakját a feltehetően rokon Androméda-galaxis illusztrálja. Ezt egészíti ki a vetített kép, mely spirálgalaxist ábrázol a Naprendszer helyének megjelölésével.

A főiskolai, egyetemi hallgatók részére speciális előadásokon az égi koordináta-rendszerek külön-külön is jól bemutatathatók, sőt számszerű mérések is végezhetők a kivetített főkörök segítségével. A felsőfokú oktatásban használható a precesszió és következményeinek (tavaszpont-vándorlás, pólusvándorlás) bemutatása. Ennek kapcsán végezhetők az időmérési, naptárkészítési feladatok is.

Az előzőekben felsoroltak természetesen messze nem az összes lehetséges látványhelyzet, amit a planetárium meg tud jeleníteni. Ezek a jelenségek, amelyeket táblai rajzzal, szóbeli magyarázattal nagyon nehéz megértetni a hallgatókkal, tanulókkal, míg planetáriummi műszerrel a jelenség reprodukálható, elemezhető, sőt esetenként mérhető is, így törvényszerű összefüggések oktatására alkalmas módszer.

Kiegészítő berendezések

A diavetítő berendezések, amelyek egyszerre körpanorámaként vetítve nagy hatású élményt nyújtanak.

A planetáriummi mozgófilm-szemléltetés a teljes sötétség miatt még hatékonyabb szemléltetőeszköz. Mozgófilm beépítése legindokoltabb az űrkutatás témakörében. Például: csak így szemléltethető a súlytalanság állapota. Ezt pontosan érzékeltetni vagy más módszerrel bemutatni nem tudnánk.

A diaporáma-rendszer segítségével olyan folyamat-vetítések végezhetők, amelyek egyedi látványként nem megjeleníthetők. Például a földi növényzet változása évszokról évszakra.

A zene is, mint szemléltetőeszköz jelenik meg a planetáriumban. A kísérő zene, hangeffektusok teszik hatékonyabbá a szemléltetést és az ismeretek tartós, többirányú rögzítését.

A csillagok világa

Szemléltetés egy konkrét planetáriummi előadás példáján. "Az általunk ismert és szemünkkel érzékelhető világegyetem anyagának több mint 90%-a csillagok formájában van jelen. A csillagászatnak ezért alapvetően fontos feladata ezeknek az égitesteknek a kutatása" - ezek a műsor bevezető gondolatai. S valóban, amit a környező közvetlen világunkról tudunk, szorosan kapcsolódik a csillagok létezéséhez, életéhez. Az előadás tematikailag három részre bontható.

Az elsőnek azt a címet adhatnánk - Mit látunk az égen?

Ez a rész a csillagászati alapfogalmakat tárgyalja, s ezt minden előadásnál, minden alkalommal be kell építeni. Szükséges ugyanis, hogy azok, akik először vannak planetáriumban, ugyanolyan eséllyel tudjanak a témában elmélyedni, mint azok, akik rendszeres látogatók. Ugyanekkor talán ez a rész okozza a legtöbb műsorszerkesztési problémát is, hiszen az alaplátványok minden műsorban ugyanúgy nem mutathatók be. Az ismétlődést kizárni lehetetlen, de úgy kell ezeket a jelenségeket elrejtetni az ismeretlen, újszerű látványok közé, hogy ne keltsék a monoton ismételtetés hatását.

A műsor második tematikai egysége hordozza a tartalmi információkat. Mielőtt azonban a csillagok tulajdonságait elemeznénk, szükséges, hogy a műsor színhelyét a Földről áthelyezzük egy képzeletbeli űrhajóra. Ugyanis, ha a tényekhez ragaszkodni akarunk, akkor a csillagokról anélkül kellene beszélnünk, hogy bármi mást mutalnánk, mint ami derült idő esetén a földi égbolton látszik. Néhány távcsővel készített fényképen túl, sem forgó pulzármodellt, sem táguló szupernovamaradványt nem vetíthetnénk, hiszen ilyeneket a földi égbolton nem láthatunk. Ezért lesz szükség arra, hogy elhagyva a földi világot, képzeletben közel mehessünk az érdekes égi objektumokhoz. Ez a helyszínváltás a műsor tudományosságát és egzaktságát nem csökkenti, hangulati-dramaturgiai szempontból viszont kedvező, mert a közönség nem oktatásként, hanem gondolatkísérletként éli át az előadást. Az ilyen "science fiction" elemeket tehát a planetárium műsor könnyebb elsajátíthatósága kedvéért és nem az érdemi információk rovására alkalmazzuk. A színhelyváltás egyben jó alkalmat kínál arra, hogy a Föld szűkebb és tágabb környezetét bemutassuk: a Föld-, a Hold- és a Naprendszert, majd a Galaxist, végül a Lokális Csoport tagjait. Így a Világegyetem szerkezetéről és méretéről is elképzelést tudunk nyújtani. E képzeletbeli repülés első állomásaként a Napot vehetjük szemügyre, közelebbről vizsgálhatjuk meg tulajdonságait. Itt kerül sor a Nap színeképi úton meghatározott jellemzőinek említésére is. Ezek ismeretében a későbbiekben összehasonlításokat tudunk majd végezni az egyes csillagok és a Nap között.

A csillagok bemutatásával tulajdonképpen ekkor kezdünk el foglalkozni. Ennek a résznek az alcíme talán "a csillagok állapotathatározói és mérések" lehetne. Először a közvetlenül megfigyelhető tulajdonságokról esik szó,

képzeletbeli űrhajónkról, amely már igen messze távolodott a Földtől, úgy látjuk, hogy a csillagok, fényessége megváltozott. Egyes, a földi égbolton igen halvány csillagok most már igen fényesek, másoknak pedig mintha valamivel csökkent volna az intenzitásuk. E jelenség magyarázatára a látszólagos és abszolút fényességek fogalmát vezetjük be, s példákon keresztül szemléltetjük a köztük lévő összefüggést. (Mivel planetáriumi műsorban nem célszerű matematikai összefüggések forma szerinti említése.) Ezért néhány jól megválasztott csillag összehasonlításával szemléltetjük a törvényt. A csillagok luminozításának fogalmát, hasonlóképp példával illusztráljuk: Mit tapasztalnak akkor, ha a Napnál nagyobb, illetve kisebb luminozítású csillag körül keringene bolygónk? Ezt a szemléltetést a diaporáma rendszerrel tudjuk végezni. A színképelemzés igen sok információt szolgáltat egy csillag tulajdonságairól. A témát bevezethetjük a csillagok színének megállapításával, megemlítve, hogy ezek az égitestek nemcsak látható fényt, hanem más sugárzásokat is kibocsátanak, és amelyek elemzésére később még visszatérünk. Érdekes, hogy a látogatók többsége meglepődik azon, hogy a csillagok színesek, s ezeket a finom, alig észrevehető színbeli eltéréseket nem ismerik. A különböző színű csillagokra a planetáriumi égbolton példákat kereshetünk: a Rigel kék, a Betelgeuse pedig vörös színű a mesterséges égbolton is. A csillagok színe és hőmérséklete közti kapcsolatot diaporáma-rendszerrel mutatjuk be, és ezután térhetünk rá a Hertzsprung-Russell Diagram értelmezésére. Ehhez speciális műszerrel olyan HRD-t vetítünk, amelyen a csillagok "vándorlását" életük során nyomon követhetjük. A csillagok HRD-n elfoglalt helyéről szólva említjük meg e csillagok fejlődésének főbb lépcsőit. Párhuzamosan ezzel, az energiatermelő folyamatokat filmbetéttel szemléltetjük, s erre a "Csillagok életútja" c. film egyes részleteit használjuk. Ezen szemléltetési eljárások mellett ma már a számítógépes programoké az elsődleges érdem. Az oktatás során magam is használom az ORBITS, SKYGLOBE stb. programokat.

Különböző fejlődési fázisokat, a közben zajló termionukleáris folyamatokat egyszerre háromféle módon kapcsolhatjuk össze: a csillagfejlődés-vetítő adott fázisával, a mozgófilmvetítőn a magfizikai folyamat lejátszásával, s az illető csillag HRD-n elfoglalt helyének jelzésével. E látványegyüttes során említjük meg a csillagok keletkezésének módját, s olyan példákkal illusztráljuk, mint az Orion csillagkép fiatal csillagai.

Ugyanebbe a részbe építjük be a kémiai összetétel kérdését, hiszen a csillagfejlődés meghatározott fázisaiban más-más elemek képződnek a csillagokban. Végül bemutatjuk a csillagvégállapotok lehetséges variációit: a fehér törpévé zsugorodást, a szupernovarobbanásból maradó, neutroncsillag keletkezését. (A feketelyuk-végállapotot diaképpel szemléltetjük.)

A csillagok halálának kapcsán vetjük fel a fejlődésnek a kezdeti tömegtől való függését. Ezt táblázatokkal szemléltetjük, s elmondjuk, hogy a kezdeti tömeg szűk határok közt változik, bár a csillagok kiterjedése közt igen lényeges eltérések vannak. Az igen sűrű és nagyon ritka csillagok problémájának tisztázása diakép-illusztrációkkal történik. A következő részben a változócsillagok tulajdonságaival foglalkoznak. Néhány változót a planetárium műszer is tud vetíteni: bemutatjuk a Delta Cepheit, az Omikron Cetit, és elmondjuk tulajdonságaikat. A változások okainál kitérünk a T Tauris típusúakra és a novákra is, mint amelyekben egészen különböző fizikai folyamatok zajlanak.

Megemlítjük, hogy léteznek planetáris ködök is, és röviden jellemezzük őket. Végül bemutatjuk az Algolt, mint változó fényű, de fizikailag stabil kettős csillagot. Ez vezethet át a csillagrendszerek és csillaghalmazok ismertetésére. Előbb a kettős és többes rendszerekről beszélünk, majd a nyílt- és gömbhalmazokra mutatunk példákat. Látható a planetáriumban a Pleiadok, Hyadok, Praesepe nyílt halmazok mellett az M13 és M22 gömbhalmaz is.

E csillaghalmazok kapcsán a Tejútrendszer szerkezetét mutatjuk be, hiszen a nyílt halmazok a spirálkarok indikátorai, a gömbhalmazok viszont az egész halóban megtalálhatók. A Tejútrendszer feltérképezése is intersztelláris por- és gázködök bemutatására is alkalmas.

A legutóbbi objektumok ismertetésével egy fejezet ismét lezárult. Az előadás most - lazításképp - visszatér a képzeletbeli űrhajóhoz, s elindulunk haza, a Földre. Míg a hazautazás tart, elmondjuk, milyennek látnánk a most megismert égitesteket, ha szemünk nem a látható fényre, hanem például az infravörös vagy rádióhullámra lenne érzékeny.

A teljes elektromágneses spektrum egyes tartományainak égboltját ugyan vetíteni nem tudjuk, de némi trükkkel az égbolt egyes területeiről készített infravörös vagy röntgenképeket az adott égterületre vetítve illusztrálhatjuk a

különbségeket. Az infravörös tartományban felfedezett cirruszokat és csillagok körüli porfelhőket képekkel szemléltetjük. A rádióhullámok kapcsán szót ejtünk az extrém nagy sugárzású és egyelőre elég titokzatos objektumokról, a kvazárokról is. Ide kívánczik egy mozgalmas űrkutatási betét, amellyel az eddig elindított és a jövőben tervezett infravörös, ultraibolya, röntgen, gamma űrszondákról állítunk össze diaműsört. Az előadás záróképe összefoglalás és hangulati oldás egyszerre. A távoli világokkal összehasonlítva bolygónk nyugodt kis sziget, az emberiség és a megismerés eddig egyetlen otthona. A záró képsorokban - talán némi költői túlzással - felhívjuk a figyelmet arra, hogy a csillagok és a hidrogénbomba közt csupán nukleáris folyamatok lezajlási sebességében és a folyamatok céljában van különbség. Hiszen míg a csillagok magreakciói a nehézelemeken keresztül az élet keletkezéséhez vezetnek, addig a földi atomkísérletek ennek éppen az ellenkezőjét "szolgálják"!

A műsor, mint láttuk, érinti azon a témaköröket, amelyek korunk asztrofizikai kutatásainak előterében állnak. Nem célja, hogy helyettesítse a szakkönyvek olvasását, és nem feladata, hogy matematikai levezetésekkel igazolja állításait. Egy planetáriumi műsor nem tarthat tovább egy óránál. Ezért az általa közölt információk igen sűrűn követik egymást úgy, hogy ezek lépésről lépésre egymásra épülnek, s ezáltal elfáradás és érdeklődés-vesztés nélkül követhetők. Ahhoz, hogy ekkora ismeretanyagot végig figyelemmel lehessen kísérni, néhány dramaturgiai fogást szükséges alkalmazni: ezt szolgálja a műsor űrutazás-kerete, a mozgófilmbetétek és látványok egy része is. A különösen nehezen elsajátítható részeknél egyszerre több oldalról mutatjuk be a jelenséget (pl. energiatermelés) és mindenütt, ahol a pontos megfogalmazáshoz elengedhetetlen a szemléltetés, ott ábrák és táblázatok segítik a megértést. A fényképek, rajzok, ábrák minden esetben színesek, és kevés aprólékos részletet, feliratot tartalmaznak. Ennek egyik oka az, hogy a kupolára vetített képeken az apró részletek rosszul láthatók, másrészt a matematikai pontosságú rajzok a lényeges tulajdonságokat nem kiemelik, hanem elfedik. A téma, az asztrofizika, a planetárium műszer lehetőségeihez mérve nem túl hálás feladat, hiszen elég kevés a műszerbe eleve beépített, asztrofizikai jellegű műszer. Planetológiát vagy szférikus csillagászatot sokkal több műszermozgással tudnánk bemutatni. Jelen esetben ezt sok egyedi speciális vetítővel helyettesítettük.

A cél szempontjából közömbös, hogy egy műsorban főleg magát a planetárium műszert vagy az ahhoz épített kiegészítő vetítőket és speciálisan elkészített diaképeket használunk-e. A cél az, hogy összehatásában a műsor nyújtson többet, mint egy tankönyv, egy táblai rajz vagy televízióműsor. A látott jelenségek összehatásának el kell érnie, hogy a kiválasztott témát úgy "csempésszük" a közönség tudatába, hogy szinte észre se vegyék. Úgy kell - például az asztrofizikáról - beszélnünk, hogy minél kevesebb előismeretre alapozva, minél több új ismeretet lehessen az előadáson szerezni.

Ez utóbbi a planetáriumi műsorkészítés egyik nehéz feladata: az információk mélységének jó megválasztása. A műsorokat nem szabad túl alacsony szinten készíteni, mert ez az informáltabb közönségben ellenérzést vált ki, a túl magas szintű előadás viszont a csillagászat iránt érdeklődő szakképzetlenebb közönséget elriaszthatja. Ezért célszerű a műsorokat korosztályra "szabni": az előbbi asztrofizika előadást például a középiskolások tudásszintjének megfelelően állítottuk össze, de a felnőtt közönség számára is bemutatható. Természetesen az asztrofizika, mint tudomány sokkal bonyolultabb, s a vele foglalkozók számára bizonyára érdekesebb is, mint amit a planetárium ebből kiragadni képes. Azt hiszem, hogy ezzel együtt is szükség van erre a műsorra, mert tapasztalatom szerint még a természettudományos végzettségű diplomások esetében is előfordul, hogy nincs áttekintésük a környező világról.

Talán célszerű volna ezt az előadást a csillagász szakos egyetemi hallgatóknak tanulmányaik megkezdésének elején bemutatni, hiszen épp ez az áttekintés adhat biztos alapot a későbbi ismeretek sikeres elsajátíthatásához.

ÖSSZEGZÉS

A doktori disszertációmban a Csillagászati földrajzi ismeretek tanításmódszertani bemutatása és a szemléltetési eljárások összegyűjtése volt a célom. A cél megvalósítása érdekében végeztem anyaggyűjtést a különböző iskolatípusokban, és végrehajtottam néhány kísérletet a dolgozatban leírt szemléltetési eljárások közül. Tapasztalataim szerint a csillagászati földrajz témája már önmagában is motíváló tényező. Mégis igen lényegesnek tartom az oktatás módszertani vizsgálatokat e témakörben. A tananyag jobb elsajátíthatósága érdekében éreztem szükségét az általam leírt és összegyűjtött anyagnak. A leírt szemléltetési eljárások hatékonyan segíthetik a csillagászati földrajz tanítását. Célom megvalósításában a legnagyobb problémát a tanárképzés ill. tanártovábbképzés témaköre jelentette. Itt kerestem legtovább azt a módszertani eljárást, melynek segítségével a földrajzszakos tanárok, tanárjelöltek a legeredményesebben sajátíthatják el a tananyagot. Itt korunk fejlett szemléltetőeszközei mellett /számítógépes programok, videó/ a földrajzi fogalmak csillagászati földrajzban történő felhasználása analógiák és eltérések leírása teheti hatékonyabbá az oktatást. A földrajztanár képzésben az általános természetföldrajzi ismeretekre támaszkodva érhető el a csillagászati földrajzi ismeretek alaposabb elsajátítása. Jövőbeni terveimben szerepel a külföldi oktatásmódszertani folyamatok tanulmányozása. 1994. tavaszán lehetőségem nyílik a Washington állambeli Central University vendégtanáraként az USA-ban oktatni. Itt szeretném kiterjeszteni szakmódszertani ismeretemet a természetföldrajz témakörében. Általános természetföldrajzi fogalmak tanítását végzem közép-európai /magyarországi/ példák, szemléltető anyag felhasználásával. Itt szerzett tapasztalataimmal szeretném kiegészíteni és talán teljesebbé tenni szakmódszertani ismereteimet.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Almár Iván: Mi dolgunk a világűrben ?
Kozmosz könyvek, Budapest 1988
2. Csillagászati évkönyv 1976. évi kötete
3. Csaba György: Csillagászati megfigyelések gimnáziumi fakultációs modul
Műszaki kiadó, 1984
4. Dr. Fehér József: A földrajz tanítás módszertana
Tankönyvkiadó, Bp. 1984
5. Dr. Fehér József: Opponensi vélemény 1993
6. Földrajz gimnázium I.
(Tankönyvkiadó 1986)
7. Földrajzi munkafüzet 8.
(Tankönyvkiadó, 1985)
8. Peter Francis: A bolygók
Gondolat Bp. 1988
9. Dr. Gábris Gyula-Dr. Marik Miklós-Dr. Szabó József: Csillagászati földrajz
Tankönyvkiadó Budapest 1988
10. Dr. Gábris Gyula: Opponensi vélemény
11. Gesztes Albert: A Mars "arca"
Úr című folyóirat 1990/1.97.old.
Egyetemi nyomda, Bp. 1990
12. Joachim Herrmann: SH Atlasz Csillagászat
Springer 1992
13. Jakucs László: Általános természetföldrajz I.
A földrajzi burok kozmogén és endogén dinamikája
JATE 1992
14. J. Klepesta - A. Rückl: A csillagképek atlasza
Gondolat kiadó, 1975
15. Dr. Köves József: Környezetismeret az ált. iskola 4. osztálya számára
(Tk. 1987)
16. Kulin György: A távcső világa
Gondolat kiadó, 1980

17. Donald H. Menzel: Csillagászat
Gondolat kiadó, 1980
18. Nagy Vendelné - Dr. Udvarhelyi Károly: Földrajz
(TK. 1987)
19. Patrick Moore, Ian Nicholson: A Nap és bolygói
Helikon 1992
20. Sajó Péter: A planetárium technikája
(TIT Bp. Planetárium)
21. R. Stephen Saunders: A Vénusz felszíne
Tudomány 1991/2
22. Schalk Gyula: A planetárium
Gondolat kiadó, 1975
23. R. S. Jackson: Annalemmatic sundials
Sky and Telescope 1980 júliusi száma
24. Dr. S. Tóth László: Gyakorlatok csillagászati tudománybarátkörök számára
TIT Budapesti Szervezete, 1982
25. Dr. S. Tóth László: Néhány demonstrációs eszköz a csillagászat tanításához
Fizikai szemle 1977/6
26. Dr. Tóth Aurél: Készítsd magad!
Tankönyvkiadó, 1982
27. Űrkutatás gimnáziumi tankönyv
(Műszaki kiadó, 1985)
28. Wágner Richárd: A világegyetem és a Föld
Kókai Lajos kiadása, Bp. 1942