

Szegedi Tudományegyetem
Természettudományi és Informatikai Kar
Kísérleti Fizika Tanszék

Égre néző építmények

/csillagászattal kapcsolatos épületek története és típusai/

Szakdolgozat

Kurucz Zoltán
V. fizika-történelem szakos hallgató

Témavezető:
Dr. Szatmáry Károly
habil. egyetemi docens

2009

Tartalomjegyzék

I. Bevezetés.....	3
II. Óskori, ókori kultúrák valamint Amerika őslakóinak épületei.....	5
III. Középkori építmények.....	9
IV. Új és legújabbkori obszervatóriumok.....	12
V. A rádiócsillagászat.....	18
VI. Neutrínódetektorok.....	23
VII. Csillagvizsgálók Magyarországon.....	29
VIII. Planetáriumok.....	34
IX. Űrközpontok.....	40
X. A napórák.....	46
XI. Módszertani fejezet.....	48
XII. Ábrajegyzék.....	53
XIII. Felhasznált irodalom.....	58

I. Bevezetés

Napjainkban a csillagászat rohamos fejlődésének lehetünk a szemtanúi. Egyre fejlettebb, és sokszor egyre nagyobb távcsövek építését láthatjuk. Az elmúlt fél évszázadban az űrkorszak beköszöntével pedig a Földön kívül is megjelentek a csillagászat eszközei. A Hubble-űrtávcső vagy a SOHO a mindennapok részévé vált. Szinte mindig lehet valami új felfedezésről vagy tudományos eredményről hallani. Ez a gyors haladás azonban azzal is járt, hogy a csillagászzal nem foglalkozó emberek számára a modern csillagászat eszközei egyre kiismerhetetlenebbé, egyre bonyolultabbá váltak. Távcső és távcső közötti különbségek gyakran elmosódnak. Dolgozatom célja ezért kettős: egyrészt egy ismeretterjesztő rendszerezést próbálok adni a főbb obszervatórium típusokról, másrészt szeretnék a dolgozat témájához kapcsolódó szakmódszertani ötleteket felvetni, olyanokat, amelyek beépíthetők egy iskolai fizikaórába vagy egy csillagász szakkör foglalkozásaiba. Ennek megfelelően nem a műszereket kívánom bemutatni, – bár azokat is megemlítem, ahol erre szükség van –, hanem olyan épületeket, amelyek ezen eszközök köré épültek. Mondhatnám azt is, hogy a csillagászzal nem foglalkozók és a diákok számára a leginkább kézzelfogható dolgokról kívánok írni. Hiszen például azt a rengeteg turistát, aki ellátogat az arecibo-i rádiótávcsőhöz legkevésbé a műszerek felépítése, és működése érdekli. Számukra a kalandot maga az építmény jelenti. Ezért át szeretném tekinteni, hogy milyen épületek segítették a történelem folyamán a csillagászat fejlődését, hogy hogyan jutott el az emberiség Stonehenge-től az űrteleszkópokig. Természetesen nem lehet minden épületet külön-külön bemutatni, ezért korszakonként néhány jellegzetesebb csillagvizsgálóra koncentrálok, és ezeken keresztül mutatom be az adott korra és részterületre jellemző épületeket.

Ebből a szempontból dolgozatom újfajta megközelítést alkalmaz a hagyományos térbeli és időbeli besorolás helyett. Mivel az emberiség technikai fejlettsége nagyon eltérő volt a történelem folyamán és persze ma is az, ezért indokoltnak tartom, hogy a csillagászzal kapcsolatos épületek tárgyalása során a fejlettségi szintet helyezzem előtérbe. Bár a középkor végének hagyományosan 1492-t tekintjük, ez inkább csak Európára érvényes, hiszen Amerika legfejlettebb kultúrával és persze csillagászati ismerettel rendelkező őslakói is csak az Egyiptomi Óbirodalom szintjén álltak. Ezért kerülhetett egy fejezetbe az egyiptomi és a maja csillagászat is. Szó lesz a történelmi korok csillagdáiról, és ahogy a csillagászat is idővel egyre több területre bomlott, úgy a rádiócsillagászat és a neutrínó-csillagászat épületeiről is. Mindemellett egy-egy fejezetben tárgyalom a csillagászzal többé-kevésbé kapcsolódó építményeket is, mint például a planetáriumokat, az űrrepülőtereket és a napórákat is. Hiszen,

ahogy a dolgozat címe is sugallja, itt nem csak obszervatóriumokról és rádióantennákról, hanem a teljesség igénye nélkül, a fontosabb "égre néző" építményekről is írok majd.

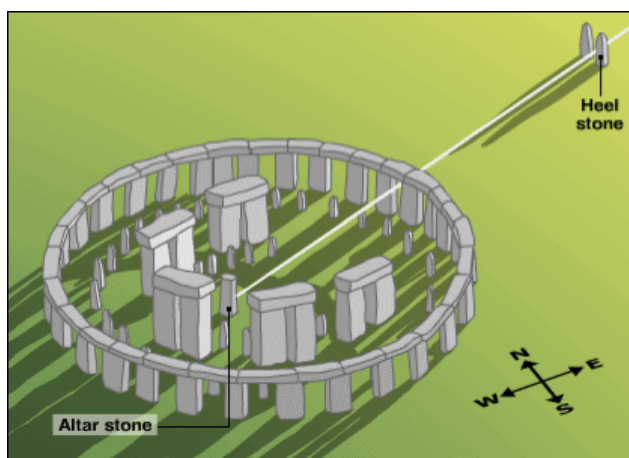
II. Óskori, ókori kultúrák valamint Amerika őslakóinak épületei

Stonehenge

Az angliai Salisbury-síkságon található ez a különleges építmény. Mai formáját három építési fázisban nyerte el. Először (kb. i.e. 2950 körül) egy egyszerű árkot építettek, két oldalán földsáncsal. Ennek az átmérője mintegy 110 méter. A földsánc belső oldala mellett földbe ásott, cölöptartó gödrök gyűrűje húzódik. Ezeket 17. századi felfedezőjük nyomán Aubrey-gödröknek nevezték el. A második fázisban pedig faszerkezetet építettek. A harmadik fázisban i.e. 2500 táján hozták ide a hatalmas homokkőtömböket.

Stonehenge csillagászati vonatkozásai:

A régészek és a csillagászok többségének a véleménye ebben a témában meglehetősen eltérő. Az előbbieket meglehetősen kételkedéssel fogadják minden, Stonehenge-nek csillagászati jelentőséget tulajdonító elméletet. Főként azért, mert a különböző korszakokból származó régészeti lelőhelyeket nem lehet összekapcsolni. A csillagászok ezzel szemben más véleményen vannak. Az 1960-as években Gerard Hawkins bosztoni professzor végzett kutatásokat. Ezek után arra a következtetésre jutott, hogy Stonehenge-t különböző csillagászati számításokra, például az Aubrey-gödröket felhasználva, a holdfogyatkozások előrejelzésére használták. Emiatt Stonehenge-t neolitikus komputernek nevezte. Elméletét Fred Hoyle csillagász is megerősítette.¹



1. ábra: Stonehenge rekonstrukciós rajza a nyári napforduló idején



2. ábra: Stonehenge napjainkban

¹ Chippindale, Christopher: Stonehenge : az ötezer éves rejtély, Budapest, General Press, 2005, http://csillagaszattortenet.csillagaszat.hu/egyetemes_okor_csillagaszata/20080620_a_salisbury_siksag_rejtelye.html

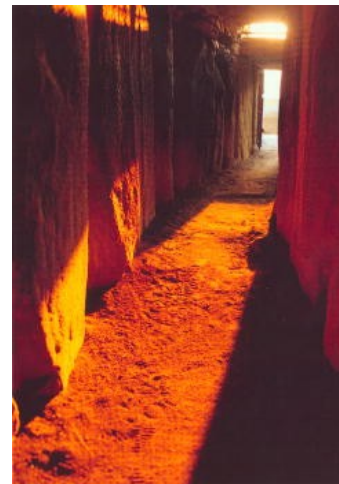
Bár a két tudomány képviselői eltérő állásponton vannak, az biztosnak látszik, hogy Stonehenge-nek legalább egy csillagászati vonatkozása van: A kőkörön kívül áll egy kőtömb, amit Heelstone-nak, sarokkőnek neveznek. Ha június 22-én, a nyári napforduló idején a kőkörök középpontjában állunk, akkor ez a kő a felkelő nap irányába esik. Ez pedig azt jelenti, hogy a neolitikumban már rendelkeztek csillagászati ismeretekkel az emberek.

Newgrange

Az írországi Boyne folyó völgyében három jelentősebb halomsír található. Ezek magassága 10 méter körüli, alapjuk átmérője pedig 80-90 m között van. E három halomsír egyike Newgarngé. Feltehetően i.e. 3100 körül épült. A halmot kilencvenhét szegélykő veszi körbe, nagy részük díszített, a legékesebbik, hármasspirálmintákkal borított kő a sír bejáratát díszíti. Newgrange azért lett igazán nevezetes, mert a téli napforduló idején a délkeleti bejárat fölött található nyitott fülkén keresztül tizenhét percen át besüt a Nap, s fényével bevilágítja a sírkamrát. A folyosósírok belső szentélyét csak ekkor éri napfény.²



3. ábra: Newgrange



4. ábra: A téli napfordulókör a sírba besütő napfénye

A gízai piramisok

A piramisokat az ókori Egyiptomban a fáraók temetkezési helyül építették. A piramis szó jelentése is a felemelkedés helye, azaz a fáraó lelke innen száll fel a túlvilágba. Ennek megfelelően a piramisokat úgy tájolták be, hogy oldalaik a négy fő égtáj irányába nézzenek. Ezt valószínűleg úgy oldották meg, hogy a cirkumpoláris csillagok segítségével meghatározták az északi irányt. Az oldalakat pedig ennek megfelelően tájolták be.³

Érdekességként említeném meg, hogy az utóbbi időben többen is megpróbálkoztak azzal, hogy valamilyen különleges jelentéssel ruházzák fel a három nagy gízai piramis átlós

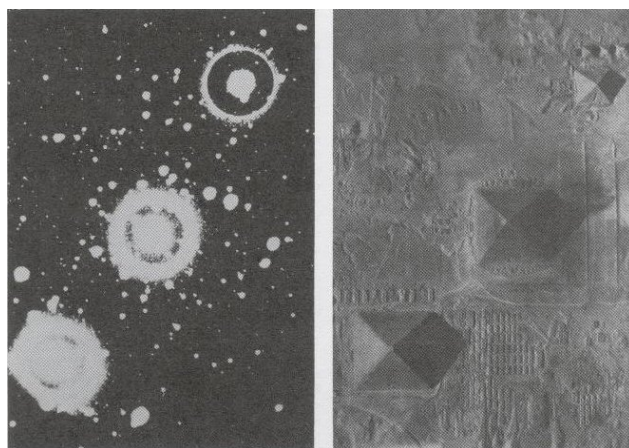
² <http://www.newgrange.com/>, <http://en.wikipedia.org/wiki/Newgrange>, http://hu.wikipedia.org/wiki/Br%C3%BA_na_B%C3%B3inne

³ <http://www.sulinet.hu/eletestudomany/archiv/2001/0103/piramis/piramis.html>

elrendezését. Azaz, hogy a három piramis átlós elrendezése az Orion csillagkép három övcsillaga, az Alnitak, az Alnilam és a Mintaka egymáshoz képesti látszólagos elhelyezkedésével egyezik meg (6. ábra). Ez a teória már csak azért sem állja meg a helyét, mert a piramisokat nem egyszerre építették, nem tervszerűen kerültek egymás mellé. Az átlós elrendezés egyenesen következett az alkalmazott építési módszerekből: mivel a piramisokat a valós északi irányhoz tájolták, ezért a fensík pereméhez képest átlósan helyezkednek el, továbbá a mészkővonulatot követve egymáshoz képest el vannak tolvá azért is, mert a pontos tájolás érdekében biztosítani kellett, hogy az északi csillagok jól láthatóak legyenek⁴.



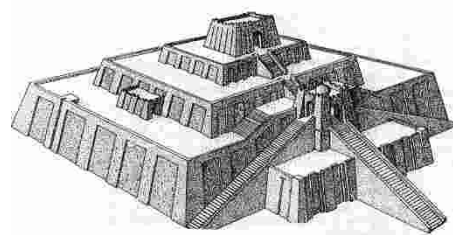
5. ábra: A gízai piramisok



6. ábra: A piramis-orion teória "bizonyítéka"

A zikkuratok

Mezopotámia népei Egyiptomhoz hasonlóan fejlett csillagászati ismeretekkel rendelkeztek. Naptárakat készítettek, s rendszeresen feljegyezték az égitestek mozgását. Csillagászáttal a papság foglalkozott. Megfigyeléseiket a négyszögletes tömbökből álló, felfelé lépcsőzetesen keskenyedő toronytemplomok, a zikkuratok tetejéről végezték. Ennélfogva tekinthetjük ezeket az épületeket az első csillagvizsgálóknak is. Leghíresebb közülük a babiloni zikkurat, Marduk isten kultuszhelye, mert valószínűleg ez adhatta az alapot a bibliai Bábel tornya történetnek.⁵



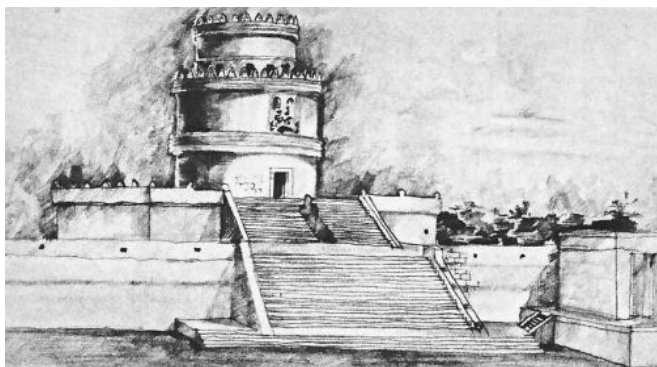
7. ábra: Egy zikkurat rekonstrukciós rajza

⁴ Scarre, Chris: Hetven csoda szerte a világban - Hogyan készültek a pompás építmények ATHENAEUM 2001

⁵ http://csillagaszattortenet.csillagaszat.hu/egyetemokor_csillagaszata/20050214_babilon.html

A csigaház

A maja indiánok Közép-Amerikában éltek. Civilizációjuk fénykora i.sz. 200 - 950 közöttre tehető. Monumentális építményeik közül fontosabb csillagászati vonatkozással a Chichen Itza-ban található csillagvizsgálójuk bír. Az épületnek az azt felfedező kutatók az El Caracol azaz Csigaház nevet adták. Az épület két egymásra épített négyszögletes teraszon áll. Henger formájú, a tetején egy kisebb átmérőjű, szintén henger alakú, belülről négyszögletes kamra is volt, melynek ablakai körben nyíltak a látóhatárra. Az egész építmény magassága megközelítette a harminc métert. Pontos csillagászati szerepe nem tisztázott. Ennek legfőbb oka, hogy a benne levő, a 19. században még létező festmények elpusztultak. Egyes feltételezések szerint a Vénusz megfigyelésére használták.⁶



8. ábra: A Csigaház rekonstrukciós rajza



9. ábra: A Csigaház napjainkban

⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/El_Caracol,_Chichen_Itza
http://csillagaszattortenet.csillagaszat.hu/egyetemes_korakozepkor_csillagaszata/20080106_maja_csillagaszat.html

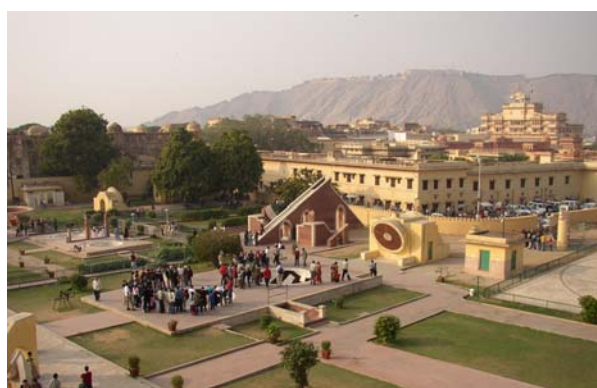
III. Középkori építmények

Jantar Mantar

II. Jai Singh indiai csillagász és maharadzsa országában összesen öt csillagászati megfigyelőhelyet, azaz Jantar Mantar-t létesített. Nevük a jantra, eszköz illetve a mantra számítás szóból ered. Az elsőt 1724-ben Delhiben, majd pedig Mathura-ban, Benaresben, Ujjainban, és az utolsót fővárosában, Jaipurban. Ez utóbbi a legnagyobb és 14 műszerrel rendelkezik, míg például a delhiiben csak öt. Különlegességük ezeknek az obszervatóriumoknak, hogy a bennük levő műszerek nem valamilyen szerkezetek, hanem egytől egyig mészkőből és márványból épült építmények ellentétben például a korabeli pekingi obszervatóriummal ahol valódi műszereket használtak. A delhii Jantar Mantar legnagyobb eszköze a 21 méter magas Samrat Yantra, ami a tulajdonképpen a napóra és a csillagászati megfigyelőhely kombinációja. Míg éjszaka a tetejéről figyelhették az égitestek mozgását, addig nappal az árnyéka a helyi időt mutatta. A többi eszköz ezen építmény körül van elhelyezve. Ezek közül a Jai Parkassal a Nap mozgását tudták követni. A Ram Yantra két henger alakú építményből áll. Ezekkel a csillagok horizont feletti magasságát tudták megmérni. A Misra Yantra az obszervatórium legkisebb eszköze, feladata a zenittávolság megmérése volt. Ezeken kívül található itt még egy gnomon is, amit Niyati Chakra-nak neveznek.⁷



10. ábra: A delhii Jantar Mantar



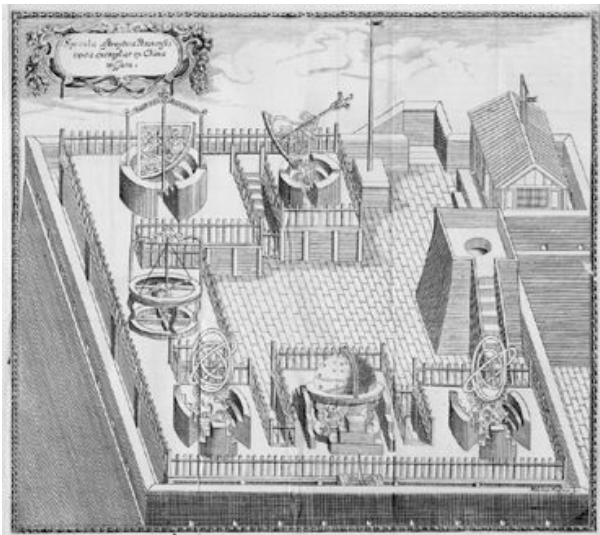
11. ábra: A jaipuri Jantar Mantar

⁷ Virendra Nath Sharma: Misra Yantra of the Delhi Observatory Indian Journal of Science 23(3), 1994
www.new.dli.ernet.in/rawdataupload/upload/insa/INSA_1/20005afb_477.pdf, www.jantarmantar.org,
[http://en.wikipedia.org/wiki/Yantra_Mandir_\(Delhi\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Yantra_Mandir_(Delhi)), [http://en.wikipedia.org/wiki/Jantar_Mantar_\(Jaipur\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Jantar_Mantar_(Jaipur)),
<http://www.net.hu/interpen/lib/in/jantar.html>

A pekingi obszervatórium

Pekingben már 1279-ben két kínai csillagász WangXun és Guo Shoujing építettek egy kisebb obszervatóriumot. Nem maradt fenn, de ezt tekintjük a régi pekingi obszervatórium elődjének.

A mai épületet a Ming dinasztia idején 1442-ben építették. A műszerek egy 14 méter magas 40*40 méteres téglalapon vannak. A XVII. században jezsuita szerzetesek érkeztek Kínába. Közülük Johann Adam Schall von Bell német szerzetes és csillagász részt vett a csillagda működtetésében. Az ő tanácsára kezdtek el nyugati mintájú eszközöket használni. Kangxi császár uralkodása alatt egy másik jezsuita szerzetes is kapcsolatba került az intézménnyel. Ő Ferdinand Verbiest belga származású matematikus, csillagász volt. 6 új műszert készített az obszervatórium számára, illetve a régiek egy részét felújította. A császárral való jó kapcsolatai miatt az obszervatórium vezetője is lett. A következő emlékezetesebb esemény 1899-1901 közötti boxer lázadás volt. A felkelést leverő nyugati hatalmak Peking elfoglalásakor feldúlták az obszervatóriumot és több műszert elvittek. Ezeket az első világháború után a francia és a német kormány visszaadta. Több évszázados tevékenységét 1921-ben fejezte be, amikor elkezdte működését Kína első modern csillagvizsgálója, a Bíborhegyi Obszervatórium Nanjingben.⁸



12. ábra: A pekingi régi obszervatórium egy XVII. századi rajzon

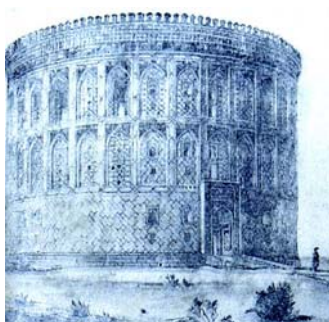


13. ábra: A pekingi régi obszervatórium napjainkban

⁸ <http://www.bjp.org.cn/en/index.htm> Ancient Observatory menüpont,
http://en.wikipedia.org/wiki/Beijing_Ancient_Observatory

Szamarkand

Szamarkand a világ egyik legöregebb, ma is létező városa. Itt található a Timur Lenk unokája, Mirza Mohamed Ulugbek (vagy Ulugh Beg) által alapított csillagvizsgáló romjai. Ulugbek fiatalon került Szamarkand élére, de a politika mellett jutott ideje a tudományokra is. Medreszét alapított, ahol csillagászatot is oktattak, illetve a várost övező dombok egyikén csillagvizsgálót is épített. A 35 méter magas épület alaprajza egy 40,2 méter sugarú kör volt. A legjelentősebb műszere pedig egy 40 m-es sugarú, a meridiánba állított és részben a földbe süllyesztett kvadráns. A alapító halála után sajnos műve is elpusztult. A régi obszervatórium maradványait csak 1908-ban találták meg orosz régészek.⁹



14. ábra: A szamarkandi obszervatórium rekonstrukciós rajza



15. ábra: A szamarkandi obszervatórium napjainkban



16. ábra: Az obszervatórium kvadránisa

⁹ <http://depts.washington.edu/silkroad/cities/uz/samarkand/obser.html>,
<http://www.advantour.com/uzbekistan/samarkand/observatory.htm>, <http://hu.wikipedia.org/wiki/Ulugbek>

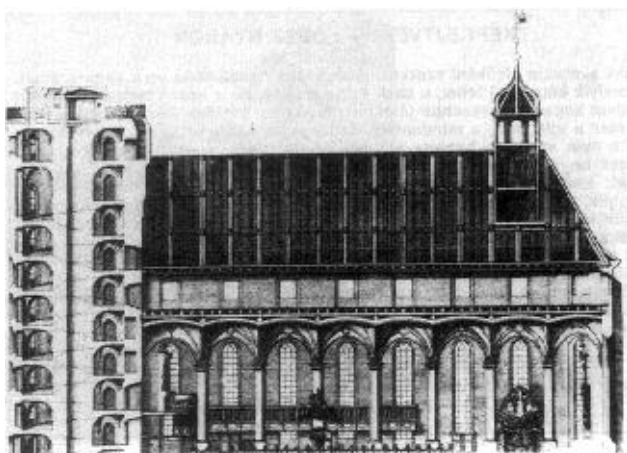
IV. Új és legújabbkori obszervatóriumok

A XVII. században a természettudományok, így a fizika és a csillagászat terén is jelentős fejlődésnek lehetünk tanúi. Megjelentek az első távcsövek, a csillagászati célú építményeken pedig a tornyok, elősegítve a jobb távcsöves megfigyelést.

Tornyos csillagvizsgálók (XVII-VIII. század)

Koppenhága

Erre példa az 1637 és 1642 között épült koppenhágai csillagda. A Jan van Sternwinkel által tervezett épület 35 méter magas. Megfigyelésekre a tetején építettek ki egy teraszt. Érdekessége, hogy IV. Keresztély dán király kívánságára nem csigalépcsőn, hanem csigapályán lehetett feljutni, ez azért volt számára fontos, mert így akár lovon is felmehetett a torony tetejére.¹⁰

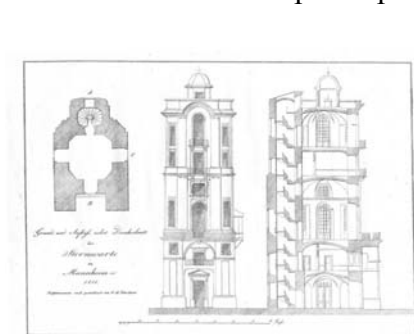


17. ábra: A csillagvizsgáló keresztmetszete egy 17. századi rajzon



18. ábra: A csillagvizsgáló napjainkban

Ezen obszervatóriumtípus képviselője még például a mannheimi és az oxfordi csillagda is.



19. ábra: A mannheimi obszervatórium szerkezete (épült 1772-74 között)



20. ábra: A mannheimi obszervatórium napjainkban



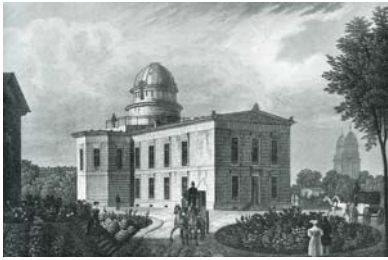
21. ábra: A Redcliffe Obszervatórium Oxfordban (épült 1772-1794 között)

A távcsövek méretének és tömegének a növekedésével mozgásuk egyre körülményesebbé vált. Fölmerült az a probléma, hogy ha nem mozgatják a távcsövet, akkor az a szabad ég alatt az időjárás viszontagságainak van kitéve. Olyan szerkezetet kellett találni,

¹⁰ http://csillagaszattortenet.csillagaszat.hu/egyetemes_altalanos/20060705_csillagvaro_tornyok.html

ami lehetővé teszi a csillagászati megfigyeléseket, de azok végeztével védelmet is nyújt a távcsőnek. Erre többféle megoldás is született.

Példák XIX. századi félgömb alakú kupolával rendelkező obszervatóriumokra



22. ábra: A berlini Királyi Obszervatórium épülete (1832)



23. ábra: A Georgetown Egyetem (Washington, USA) csillagvizsgálója



24. ábra: A nizzai obszervatórium

A kupolákat aszerint is megkülönböztethetjük, hogy milyen módon biztosítják a távcsőnek az égre való rálátást, azaz a kupola szétnyitható, vagy harmonikaszzerűen összehúzható nyílással rendelkezik-e.

Példák félgömb alakú, szétnyitható kupolákra



25. ábra: A victoriái (Kanada) Dominion Obszervatórium (1918)



26. ábra: Az ondrejovi (Cseho.) obszervatórium

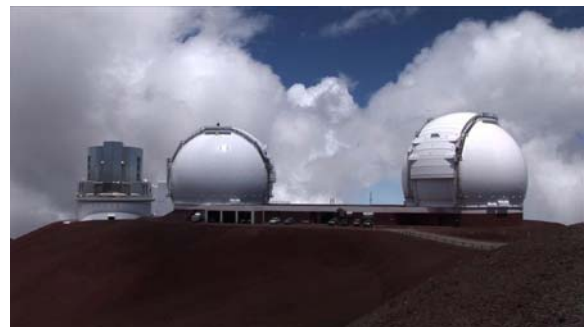


27. ábra: A pulkovo-i (Oroszo.) obszervatórium

Példák félgömb alakú, harmonikaszzerűen nyitható kupolákra



28. ábra: William Herschel Teleszkóp (Kanári-szigetek)



29. ábra: A Keck obszervatórium (Hawaii, USA)

Példák szögletes, két irányba szétnyitható kupolákra



30. ábra: A Magellán teleszkópok (La Serena, Chile)



31. ábra: A Paranal hegyi (Chile) VLT távcsövek kupolái



32. ábra: A Large Binocular Telescope (Mount Graham, Arizona)

Példák eltolható tetejű kupolával rendelkező obszervatóriumokra

Ezen típus előnye az olcsósága, illetve könnyű megvalósíthatósága.



33. ábra: Az Apache Point Obszervatórium (Új Mexikó, USA) SDSS távcsöve



34. ábra: A bajai obszervatórium

Az obszervatóriumok elhelyezkedése

Ha a csillagvizsgálók elhelyezkedését vizsgáljuk, láthatjuk, hogy azok a XVII-XVIII. században a városokban épültek fel. Ez azért volt lehetséges, mert ekkoriban még nem létezett fényszennyezés. A XIX. századtól kezdve azonban kezdtek alkalmatlanná válni az észlelésre a városi megfigyelőhelyek. Ezért az új obszervatóriumokat távol a városok zavaró fényétől építették fel, sőt, a hely kiválasztásánál az adott terület időjárását is figyelembe vették, hiszen a cél az volt, hogy minél több felhőmentes éjszaka álljon a kutatók rendelkezésére. Természetesen a területnek jól megközelíthetőnek is kell lennie, illetve az sem árt, ha minél magasabban fekszik, hogy a légkör zavaró hatásait kiküszöbölhessék.

Az ezekkel a tulajdonságokkal bíró helyek azonban ritkaságszámba mennek, így gyakran több különböző távcsövet is ugyanarra a helyre építenek. Ezekre példák:



35. ábra: A Hawaii-i Mauna Kea obszervatóriumai



36. ábra: La Palma Obszervatórium a Kanári-szigeteken

Amatőr csillagászok megfigyelőhelyei

Mivel az egyszerűbb távcsövek ma már nem megfizethetetlenek az amatőr csillagászok számára, így számukra is nyitott a kérdés, hogy hogyan oldják meg távcsöveik védelmét.

Természetesen a probléma megoldása függ a csillagász pénztárcájától.

Az alábbi néhány képen erre mutatok be néhány megoldást.

Félgömb alakú kupolák



37. ábra: Lakókocsra épített félgömb alakú kupola



38. ábra: Kertben felállított egyszerű kupola



39. ábra: Lakóház csillagvizsgálóval (Kalifornia, USA)



40. ábra: Corona Borealis Magáncsillagvizsgáló (Győrújbarát)

Eltolható tetejű kupolák



41. ábra: Eltolható háztető (Dabas)



42. ábra: Eltolható tetejű obszervatórium (Hegyhátsál)

Naptávcsövek

Naptávcsövek a Nap látható fény hullámhosszán történő megfigyelésére szolgáló eszközök. A távcsövek jellemzően nem nagy átmérőjűek, mert a fénygyűjtés nem szempont, de az utóbbi időben a jobb színképi felbontás elérése érdekében – kis területek színképét kell minél nagyobb felbontásban vizsgálni – mégis nagyobb átmérőjű távcsövek létrehozását tűzték ki célul. A 2002-ben felépült Svéd Naptávcső még csak 1 méter, az idén építeni kezdett Advanced Technology Solar Telescope (ATST) már 4 méter átmérőjű lesz. Ezzel lehetővé válik a Nap igen kicsi, akár 30 kilométeres részének a vizsgálata is. A Nap felszínének Földről történő vizsgálatát megnehezíti a légkör. Az állandóan jelen lévő örvénylő mozgások, felszálló légáramlások illetve a távcső belsejében felmelegedő levegő is elrontják a leképezést. Ezeket úgy küszöbölik ki, hogy a naptávcsöveket nyugodt légkörű, többnyire vízzel körülvett helyeken, vagy a földfelszín fölött magasan építik fel és adaptív optikával látják el, illetve a távcső belsejében vákuumot teremtenek és a külsejét fehérre festik. A távcsövek elemei általában fixen rögzítettek, kivéve az épületek tetején található heliosztátokat, amelyek tulajdonképpen olyan tükrök, amelyek követik a Nap mozgását és a Nap fényét a távcsőbe reflektálják. A torony alján a Nap fényét kivetítik, s a képet CCD kamerával rögzítik. A megfelelő méretű napkép előállításához kellően nagy (akár 45-50 méter) fókusztávolságú lencsék szükségesek Ez az oka a tornyok nagy méretének.¹¹

¹¹ <http://www.matud.iif.hu/04jun/003.html>, <http://astro.elte.hu/~kris/napfiz/naptavcsso.pdf>, http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_telescope, <http://www.springerlink.com/content/p671j83w6v186023/>,

Naptávcsovek



43. ábra: Az Einstein torony Potsdamban (Németo.)



44. ábra: A Svéd Napteleszkóp a Kanári-szigeteken



45. ábra: Wilson-hegyi naptorony (Los Angeles, USA)



46. ábra: A Peking melletti Huairou Obszervatórium



47. ábra A debreceni Napfizikai Obszervatórium

Magyarországon a Nap megfigyelésével, és a napfoltok regisztrálásával a debreceni Napfizikai Obszervatórium foglalkozik. Hiánypótló napfolt katalógusokat szerkesztenek.

V. A rádiócsillagászat építményei

A rádiócsillagászat a csillagászat azon részterülete, amely a Földön kívüli térből érkező, rádiósugárzásokkal foglalkozik. Fő kutatási területei: Nap, illetve a Naprendszer, a Tejútrendszer és az extragalaxisok vizsgálata. A rádiósugárzásnak a szubmilliméterestől a hosszú hullámhosszig terjedő elektromágneses sugárzást nevezzük. A Föld felszínéről történő megfigyelésüket nehezíti, hogy a légkör csak az 1 mm és a 18 méter közötti rádióhullámokat engedi át, ez az ún. rádióablak. A többit az ionoszféra visszaveri a világgűrbe.

Kialakulásának története

Már az 1860-as években feltételezték, hogy az elektromágneses sugárzás nem csak a látható fény hullámhosszán érkezik a csillagokból, de ennek gyakorlati igazolására csak fél évszázad múltán került sor.

Az 1930-as évek elején Karl Guthe Jansky, a Bell Telephone Laboratories egyik mérnökét azzal bízták meg, hogy határozza meg a transzatlanti rádiótelefon forgalomban a várható zajszintet. E kutatása során rábukkant egy ismeretlen eredetű, ismétlődő jelre. Mint később kiderítette, a jel forrása a Nyilas csillagképben található. Felfedezését 1933-ban jelentette be, de mivel a zaj nem volt jelentős, így a Bell Laboratórium új feladatot adott neki. Bár Jansky a kutatást nem folytat-



48. ábra: Jansky rádió antennájának a másolata



49. ábra: Grote Reber rádióteleszkópja

hatta, köve-
tője
azért akadt. Grote Reber 1937-ben épített egy 9 méter átmérőjű rádióteleszkópot, s megismételte Jansky méréseit, illetve elkezdte feltérképezni az égboltot a rádió tartományban. A következő lépés J. S. Hey nevéhez fűződött, aki a 1942-ben felfedezte, hogy a Nap rádióhullámokat bocsát ki. Az 1950-es évek elején pedig a cambridge-i egyetemen elkészítették az első katalógusokat az égbolt rádióforrásairól.¹²

¹² <http://cas.sdss.org/dr4/hu/proj/advanced/quasars/radioastronomy.asp>,
<http://www.nrao.edu/index.php/learn/radioastronomy/radioastronomyhistory>,
http://en.wikipedia.org/wiki/Radio_astronomy

A rádióteleszkópok működése

A kozmoszból érkező rádiósugárzás vételére hasonló elven működő készülékek szolgálnak, mint a földi adók vételére, annyi különbséggel, hogy a beeső sugárzás intenzitását grafikusán rögzítik. Sajnos nagy hátrányuk, hogy a felbontóképességük meglehetősen kicsi ezért korábban nehézséget okozott egy optikai objektumnak való megfeleltetés. Míg például egy 5 m átmérőjű optikai tükör akár 0,023'' felbontóképességű is lehet, addig egy ugyanekkora méretű, 1 m-es hullámhosszon működő rádióteleszkóp felbontóképessége csak 13,8°. Az észleléseket még tovább nehezíti a jelek igen kicsi intenzitása is. Ezért egyre nagyobb távcsöveket építettek.¹³

Rádióteleszkópok a világban

Arecibo

1963-ban adták át a világ legnagyobb parabolaantennás rádió- és radartávcsövét a Puerto Rico-i Arecibóban. Ez egy természetes völgyteknőbe épített 305 m átmérőjű tükörrel felszerelt műszer. Ugyan rögzített, de a Föld forgásának és a mozgatható érzékelőknek köszönhetően az égbolt 40%-át tudják vele lefedni egy év alatt. 1970-ben és 1997-ben felújították, ezután érzékenysége



50. ábra: Az arecibo-i rádiótávcső

jelentősen megnőtt. Segítségével fedezték fel például az első kettőspulzárt, illetve kiválóan alkalmas a földközeli aszteroidák radarmegfigyelésére is. Sőt, részt vesz a SETI kutatásban is. 1974-ben innen küldték el a híres rádióüzenetet az M13 nevű gömbhalmaz felé. Talán ennek is köszönheti, hogy nem csak a csillagászok érdeklődésére tarthat számot. Számos filmben is szerepelt. A távcső látogatható is.¹⁴

¹³ Herrmann, Joachim Atlasz Csillagászat Athenaeum 2002 39.o

¹⁴ http://www.naic.edu/public/descrip_eng.htm,

http://en.wikipedia.org/wiki/Arecibo_Observatory,

http://www.news.cornell.edu/chronicle/99/11.11.99/Arecibo_message.html

Ratan - 600

A hidegháború éveiben a Szovjetunió az USA-val versengett a világűr meghódításáért, s a rádiócsillagászatban sem kívánt lemaradni, így 1974-re megépítették a világ legnagyobb rádióteleszkópját, a RATAN 600-at. A Kaukázus északi részében



51. ábra: A Ratan 600 rádióteleszkóp

épült teleszkóp átmérője 600 méter. Kör alakban 895 négyszögletes, homorú alumíniumtükör van elrendezve. Ezek függőleges és vízszintes tengely körül forgathatók, továbbá előre, hátra mozgathatók. Megfigyeléseit a 610 MHz től 30 GHz-ig terjedő frekvenciatartományban végzi.¹⁵

Green Bank

Green Bank egy 34000 km²-es terület, amelyben minden rádióközvetítés korlátozott vagy tiltott, hogy ezzel védjék az itt lévő rádióteleszkópokat, és hogy kiküszöböljék a zavaró interferenciákat.

Itt épült fel 2000-re a világ legnagyobb mozgatható rádióteleszkópja. Elődjét, egy 91-mes rádióteleszkópot 1988-ban egy szélroham összedöntötte. Az új távcső tükre nem kör alakú, hanem elliptikus lett, két főtengelyének hossza 100 m és 110 m. A hatalmas tükör 2004 panelből áll. A vevőkészüléket nem a



52. ábra: A Green Bank-i rádióteleszkóp

tükör előtt helyezték el, hanem excentrikusan, hogy ezzel is kiküszöböljék az esetleges vételi zavarokat.

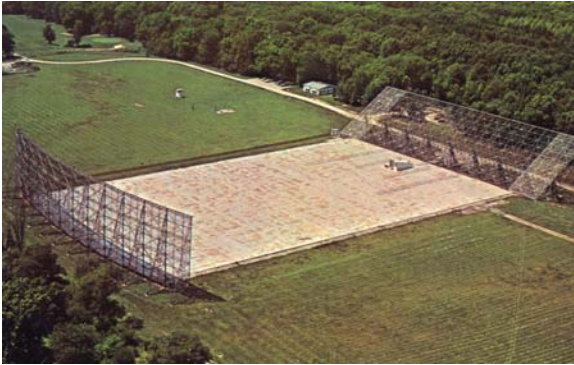
2002-ben a segítségével detektáltak három milliszekundumos pulzárt az M62 gömbhalmazban.¹⁶

¹⁵ <http://w0.sao.ru/hq/iran/>

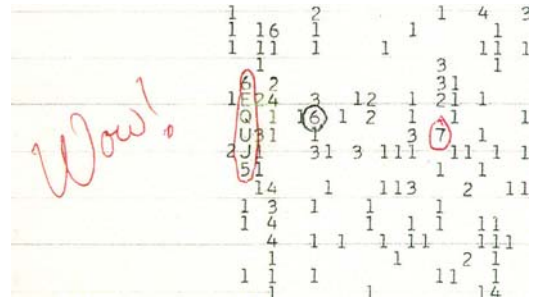
¹⁶ <http://www.gb.nrao.edu/>, http://en.wikipedia.org/wiki/Green_Bank_Telescope

A Nagy Fül

A Nagy Fül egy különleges, fix felállítású, John D. Kraus, amerikai fizikus által tervezett teleszkóp volt. 1963-1998 között működött az Ohaio-i Egyetem részeként, s a SETI programban vett részt. Legnagyobb eredménye a WOW jel észlelése volt. 1998-ban lebontották és helyére egy golfpályát építettek.¹⁷



53. ábra: A Nagy Fül



54. ábra: A WOW jel

Távcsőrendszerek

A felbontóképességet rádió-interferométerekkel lehet javítani. Ebben az esetben két rádiótávcsövet egymástól lehetőleg minél nagyobb távolságban állítanak fel. Mindkettő műszer egy vevővel van összeköttetésben. Amikor egy rádióforrást egyidejűleg észlelnek, a jelek interferenciája lehetővé teszi, hogy a rádióforrás helyzetét sokkal nagyobb pontossággal határozhassák meg, mintha csak egy távcsövet használnának. Abban az esetben, ha kisebb távcsövek egész sorozatát egymáshoz képest eltolódva állítják fel, akkor a feloldóképességet még jelentősebben lehet növelni.¹⁸

VLA

Ezen az elven működik az Egyesült Államokban (Socorro, Új Mexikó) felépített Very Large Array is. Az obszervatórium 27 független antennából áll. Mindegyik 25 méter átmérőjű és 209 tonnát nyom. Ennek ellenére sínen mozgathatóak. Ez lehetővé teszi, hogy az Y alakban felállított antennák alapvonala 36 km és 600 méter



55. ábra: A VLA rádióteleszkóp rendszer

¹⁷ <http://www.bigear.org/>

¹⁸ Herrmann, Joachim Atlasz Csillagászat Athenaeum 2002 39.o

között változhasson.¹⁹

VLBA (Very Long Baseline Array) rádiótávcső hálózat

1986 februárjában kezdték el építeni a világ legnagyobb alapvonalú rádiótávcső hálózatát az Egyesült Államokban. A Hawaii-szigeteki Mauna Kea-tól az amerikai Virgin-szigeteken található St. Croixig, mintegy 8000 kilométer hosszan elnyúló, elszórtan elhelyezkedő antennákból álló hálózat 1993 májusára készült el. A VLA-hoz hasonlóan ezt is Socorroból, az amerikai Nemzeti Rádiócsillagászati Observatóriumból (National Radio Astronomy Observatory) irányítják. A VLBA hálózat 10 darab, egyenként 25 méteres, 218 tonnás tányérantennából áll. Tanulmányozzák vele a kozmikus anyagkilövelléseket, fekete lyukakat, illetve a csillagkeletkezési régiók mozgását is.²⁰



56. ábra: A VLBA rendszer elhelyezkedése



57. ábra: A VLBA keleti "vége", azaz az utolsó antenna a Virgin-szigeteken

Az ALMA (tervezett)

Az **Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA)** egy nemzetközi, észak-amerikai, európai és chilei együttműködésben épülő távcsőrendszer az 5000 méter magasan levő Atacama sivatagban. Ha elkészül, legalább 66 db 12 méter átmérőjű teleszkópból fog állni. A rendszer az univerzum keletkezésének a körülményeit fogja kutatni, s mint nevében is benne van, a milliméteres vagy annál rövidebb rádióhullámok detektálására lesz alkalmas.²¹



58. ábra: Az ALMA tervei

¹⁹ <http://www.vla.nrao.edu/>

²⁰ <http://www.vlba.nrao.edu/>, http://en.wikipedia.org/wiki/Very_Long_Baseline_Array

²¹ <http://almaobservatory.org/>, http://en.wikipedia.org/wiki/Atacama_Large_Millimeter_Array

VI. Neutrínódetektorok

A csillagok belsejében végbemenő folyamatokról a neutrínók segítségével szerezhetünk tudomást.

A neutrínók

A könnyű elemi részecskék, a leptonok családjába tartoznak. Három típusuk ismert: az elektron-neutrínó, a müon-neutrínó és a tau-neutrínó. A világrból érkező neutrínók forrásai a csillagokban végbemenő fúziós folyamatok, a szupernóva robbanások, a fekete lyukakat körülvevő akkréciós korongok, aktív galaxis magok, és az ősrobbanás után nem sokkal létrejöhett neutrínó-háttérsugárzás. Neutrínók ugyanakkor keletkezhetnek atomeróművekben, részecskegyorsítóknak, a Föld légkörében (atmoszferikus neutrínók) és a Föld belsejében is radioaktív bomlás során. Ezek a részecskék nem vesznek részt sem az erős, sem pedig az elektromágneses kölcsönhatásban, így az anyaggal szemben is rendkívül közömbösek. Elektromosan semlegesek – innen a nevük is. Ez utóbbi tulajdonságuk teszi lehetővé, hogy az

Univerzumon szinte akadálytalanul

hatolhassanak át, és ez az,

ami észlelésüket is

nagyban megnehezíti. A

Napból származó

neutrínókat szokás szoláris

neutrínóknak is nevezni.

Ezen részecskék energiája

függ az őket létrehozó

magreakcióktól (1. ábra),

így detektálásukkal

tökéletesíteni tudjuk a

Nap működéséről szóló

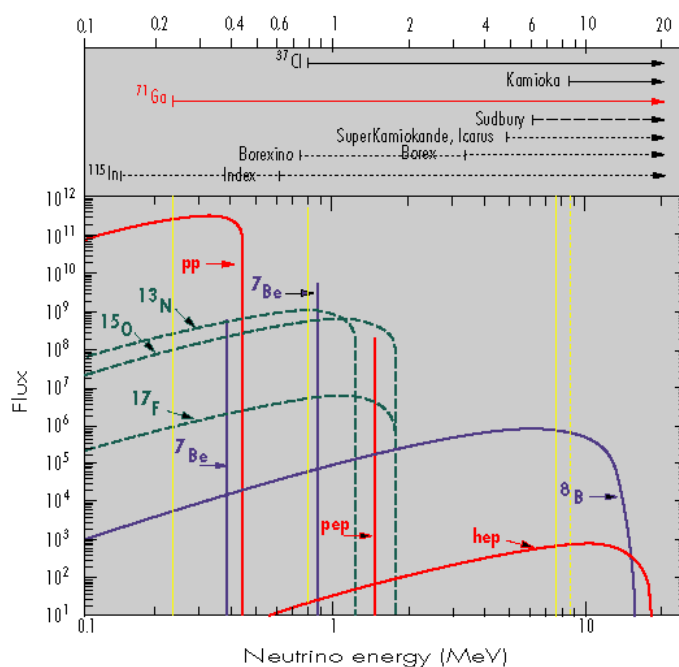
ismereteinket. A kozmikus neutrínók észlelését a kicsi hatáskeresztmetszet mellett alacsony

intenzitásuk is nehezíti, mert emiatt a kozmikus háttérrel is jelentősen figyelembe kell venni,

mint az észlelést zavaró tényezőt. Ez az oka, hogy minden neutrínó obszervatórium mélyen a

föld, vagy a víz alatt létesült. 1-2 km mélyen ugyanis a kozmikus sugárzás hatására a

légkörben keletkező müonok már nem keltenek jeleket a detektorokban. A velük egyszerre



59. ábra: A szoláris neutrínók energiaspektruma, illetve a különböző energiájú neutrínókat kimutató kísérletek

keletkező atmoszferikus neutrínók viszont igen, de a kozmoszból érkező neutrínókat érzékelési irányuk alapján meg tudjuk különböztetni tőlük, mert ez előbbieket csak irányfüggetlen háttérzajt keltenek. A Napból származó neutrínók megkülönböztetését ráadásul még az is segíti, hogy intenzitásuk függ a Föld Naptól mért távolságától: nyáron (naptávolban) valamivel kisebb a jelintenzitás, mint télen (napközelpén). A neutrínó obszervatóriumokat megkülönböztethetjük felépítésük alapján.²²

Földalatti tartályos detektorok

Ezek közös jellemzője, hogy a detektoranyag valamilyen tartályban, kivétel nélkül a föld alatt helyezik el. Ezen belül a detektálásra használt anyag szerint lehet őket csoportosítani.

Klór

Az első ilyen detektort az 1960-as évek végén, Raymond Davis vezetésével a dél-dakotai (USA) Homestake aranybányában, 1480 méter mélyen építették fel. A szerkezet 400 m³-es tartályában 680 t tetraklóretilént (C₂Cl₄) helyeztek el (2. ábra). Amikor a Napból érkező neutrínók közül egy ütközik egy ³⁷Cl atommaggal, akkor az átalakul radioaktív ³⁷Ar atommaggá (ennek a felezési ideje 35 nap) és egy elektronná. 100 naponként a keletkezett argont hélium segítségével eltávolítják a tartályból és proporciónális számláló segítségével megméri az argon bomlásakor keletkező elektronok számát. Ebből lehet visszakövetkeztetni az eredetileg keletkezett argon mennyiségére. A számítások napi 0,5 argon atom



60. ábra: Raymond Davis és detektora 1999-ben

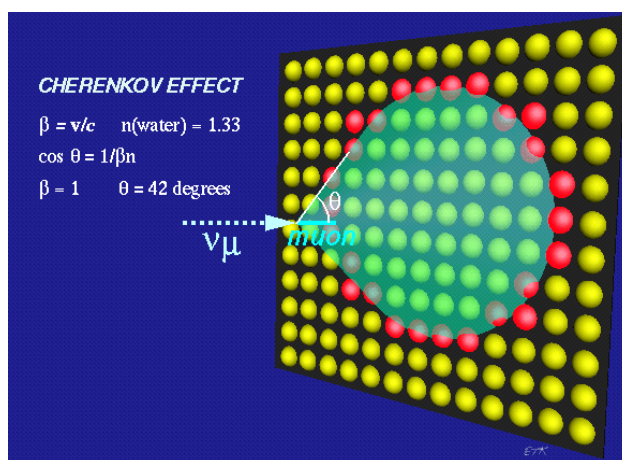
keletkezését mutatták. Ebből ezután meghatározták a tartályon áthaladó neutrínófluxust. Mivel a napneutrínók rendkívül kis számban léptek reakcióba a tartály klóratomjaival így a reakció számszerű kifejezésére egy új mértékegységet kellett bevezetni. A neutrínófluxus akkor 1 napneutrínó egység (Solar Neutrino Unit, SNU), ha minden 1036 klóratommag közül egy lép reakcióba másodpercenként. Davis kutatása során azt tapasztalta, hogy a neutrínófluxus csak egyharmada a vártnak. Ez a probléma "a hiányzó napneutrínók rejtélye" néven vált ismertté. Több évtizedes munkája elismeréseként 2002-ben megosztott Nobel díjat

²² Ludmány András, a debreceni Napfizikai Obszervatórium vezetőjének jegyzete: <http://fenyi.sci.klte.hu/oktatas/F2706jegyzet/3csillagszerkezet.pdf>, Wikipedia, <http://hu.wikipedia.org/wiki/Neutrínó>, <http://kutmagazin.hu/index.php/Termesztudomany/Neutrinocsillagaszat.html>, www.astro.u-szeged.hu

kapott Koshiba Masatoshi-val, aki a Kamioka detektorokkal végzett kísérletei nyomán bebizonyította a neutrínó-oszcilláció tényét, ezzel megválaszolva a hiányzó napneutrínók rejtélyét.²³

Víz

A Kamiokande detektor 1983-ban készült el. Ez az első tiszta vizet használó detektor. Japánban, Kamioka mellett található egy bányában. Eredetileg más célra építették, de 1985-ben átalakították, hogy napneutrínókat is tudjanak vele észlelni. A detektor 1000 méter mélyen van, 16 m magas, 15,6 m az átmérője és 3000 tonna tiszta víz található benne. A tartályt 1000 db fotoelektron-sokszorozó veszi körbe. Működési elve az, hogy a tartályba beérkező neutrínók rugalmasan szóródhatnak a vízben levő elektronokon. Az elektronok ennek következtében rendkívül felgyorsulnak és átlépik a közegbeli fénysebességet. Ennek során pedig Cserenkov-sugárzást keltenek. Ez a fényjelenség kúpszerű és a kúp forgástengelye az elektron mozgásának az irányát mutatja. Ez az irány pedig egybe esik a beérkező neutrínó irányával. Tehát

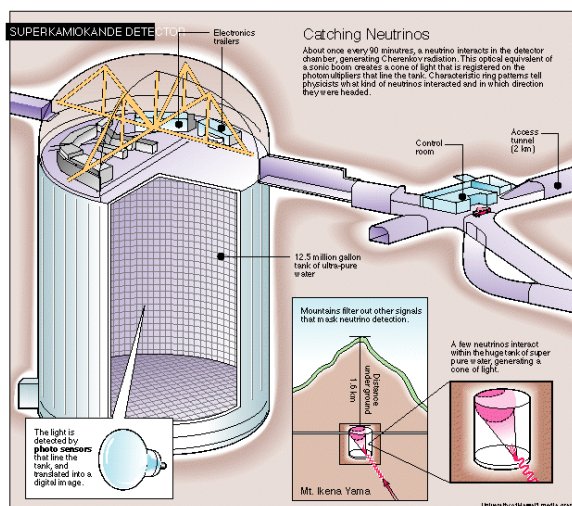


61. ábra: A Cserenkov sugárzás

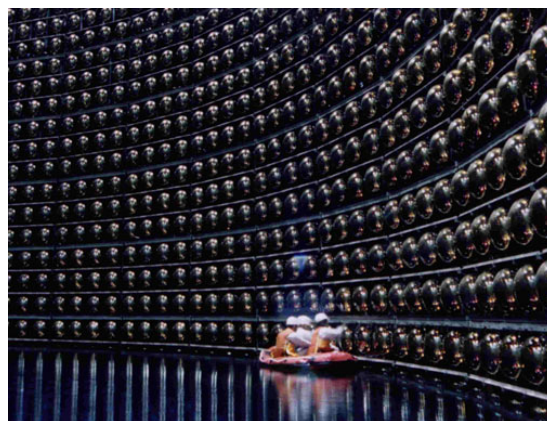
ezzel a módszerrel a neutrínófluxuson kívül a neutrínók iránya is meghatározható. 1987 februárjában szupernóvát figyeltek meg a tőlünk 170000 fényév távolságra levő Nagy Magellán Felhőben. A Kamioka detektorral pedig észlelni is tudtak néhányat az SN1987A szupernóvából származó neutrínók közül. A pontosabb mérések érdekében 1996-ban felépítették a Super Kamiokande-t, mely térfogata tízszer nagyobb elődjénél.²⁴

²³ <http://www.bnl.gov/bnlweb/raydavis/research.htm>, http://en.wikipedia.org/wiki/Homestake_Experiment
<http://fenyi.sci.klte.hu/oktatas/F2706jegyzet/3csillagszerkezet.pdf>, <http://kutmagazin.hu/index.php/Termesztudomany/Neutrinosillagaszat.html>, www.astro.u-szeged.hu

²⁴ http://en.wikipedia.org/wiki/Kamioka_Observatory
<http://fenyi.sci.klte.hu/oktatas/F2706jegyzet/3csillagszerkezet.pdf>,
<http://kutmagazin.hu/index.php/Termesztudomany/Neutrinosillagaszat.html>, www.astro.u-szeged.hu,



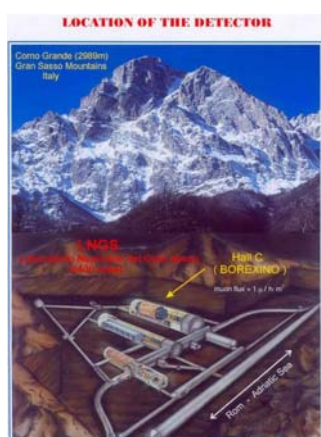
62. ábra: A Super Kamiokande detektor felépítése



63. ábra: A Super Kamiokande karbantartása

Gallium

Ezen detektorok előnye, hogy a kis energiájú, tehát a PP ciklusban keletkező neutrínókat is ki lehet velük mutatni. Működése során detektorban levő ^{71}Ga atomok közül néhányval kölcsönhatásba lépnek a neutrínók. A folyamat során ^{71}Ge izotóp és egy elektron keletkezik. Háromhetente a keletkezett ^{71}Ge izotópokat (felezési idejük 11,4 nap) eltávolítják a tartályból és proporciónális számláló segítségével megméri a ^{71}Ge izotópok bomlásakor keletkező elektronok számát. Ilyen detektort helyeztek üzembe 1990-ben amerikai és szovjet együttműködéssel SAGE néven a Kaukázusban. Ebben a detektoranyag mintegy 57 tonna gallium. A következő évben egy másik, ennél kisebb detektort is üzembe helyeztek GALLEX néven az olaszországi Gran Sasso hegy alatt (6., 7. ábra). Ez francia, német, olasz, lengyel, izraeli és amerikai együttműködésben készült. Ebben a detektoranyag 30,3 tonna gallium.²⁵



64. ábra: A Gran Sasso Neutrínó Observatórium elhelyezkedése

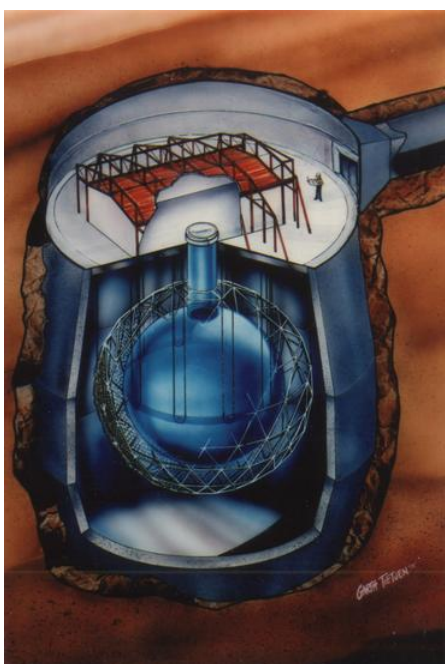


65. ábra A GALLEX detektora

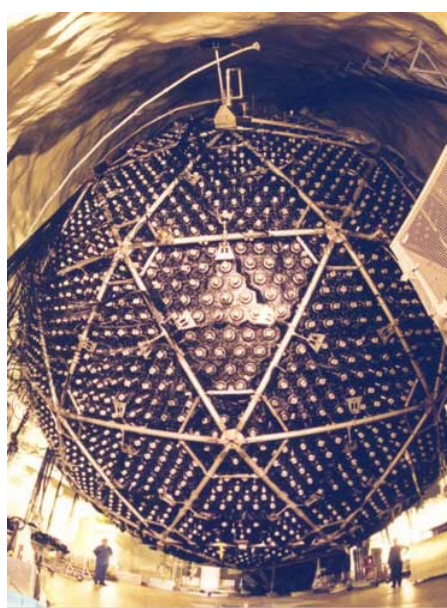
²⁵<http://ewiserver.npl.washington.edu/SAGE/SAGE.html>, <http://en.wikipedia.org/wiki/GALLEX>, <http://fenyi.sci.klte.hu/oktatas/F2706jegyzet/3csillagszerkezet.pdf>, <http://kutmagazin.hu/index.php/Termeszettudomany/Neutrinosillagaszat.html>

Nehézvíz

Ennek a típusnak az előnye, hogy valamennyi neutrínótípus fluxusát meg tudja mérni. Ennek segítségével tudták igazolni 2001-ben, hogy a neutrínók átalakulhatnak egymásba, azaz a neutrínó-oszcilláció létezik. Ez a tudományos eredmény a kanadai Sudbury melletti nikkelbányában 1999-ben létesült a Sudbury Neutrínó Observatóriumban született (8., 9. ábra). Itt detektoranyagként 1000 t ultratiszta nehézvizet használnak. A nehézvizet tartalmazó 12 m átmérőjű tartály akrilból készült és átlátszó. Így a detektoranyagban létrejövő felvillanásokat a 9500 fotoelektron-sokszorozó érzékeli. A tartályt egyébként egy másik 7000 t tiszta vízzel töltött tartály is körbeveszi, hogy a 2 km mélyen levő detektort még jobban árnyékolja a háttérsugárzástól.²⁶



66. ábra: Az SNO felépítése



67. ábra: Az SNO detektora

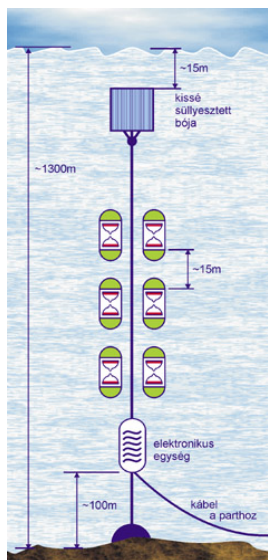
Fűzér detektorok

Víz alatti

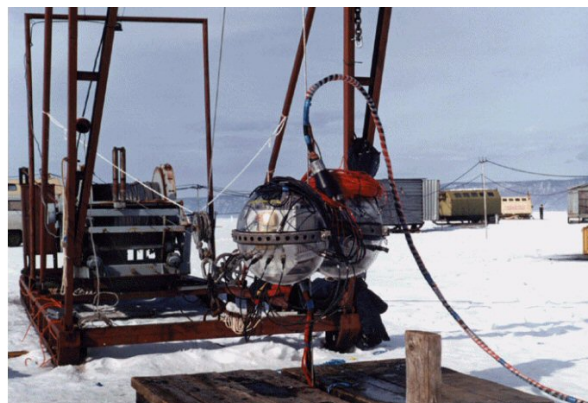
A mélyen a föld alá, bányákba telepített detektorokon kívül léteznek víz alá telepített neutrínó-detektorok is, ugyanis a kozmikus háttér kiszűrésére a víz is alkalmas. A Cserenkov sugárzást a fűzér szerűen elhelyezett fotoelektron-sokszorozók érzékelik, így ezen készülékek

²⁶ <http://www.sno.phy.queensu.ca/>,
<http://kutmagazin.hu/index.php/Termesztudomany/Neutrinosillagaszat.html>,
<http://fenyi.sci.klte.hu/oktatas/F2706jegyzet/3csillagszerkezet>

alkalmasak a neutrínók érkezési irányának a meghatározására is. Erre példa a Bajkál tavi neutrínódetektor.²⁷



68. ábra: A Bajkál tavi kísérlet felépítése



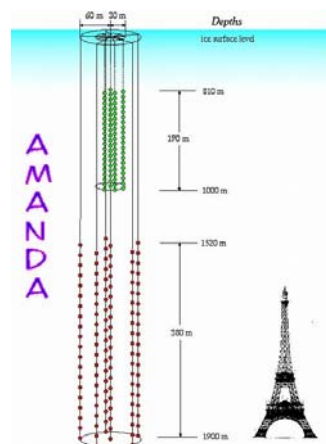
69. ábra: A neutrínódetektor egy darabjának kiemelése

Jég alatti

A világ legnagyobb neutrínódetektorát, az IceCube-ot és ennek alrendszerét az AMANDA-t a déli sark jége alá telepítik. A jelenleg még az építés fázisában található detektorral, ha teljesen elkészül 2011-re, akár napi 75 neutrínót is észlelhetnek. Csak összehasonlítás képpen, Davisnek, a neutrínócsillagászat úttörőjének 1970 és 1994 között mindössze 2200 argon atom keletkezését és ezen keresztül ennyi neutrínót sikerült kimutatnia.²⁸



70. ábra: Fúrás a Déli sark jégébe



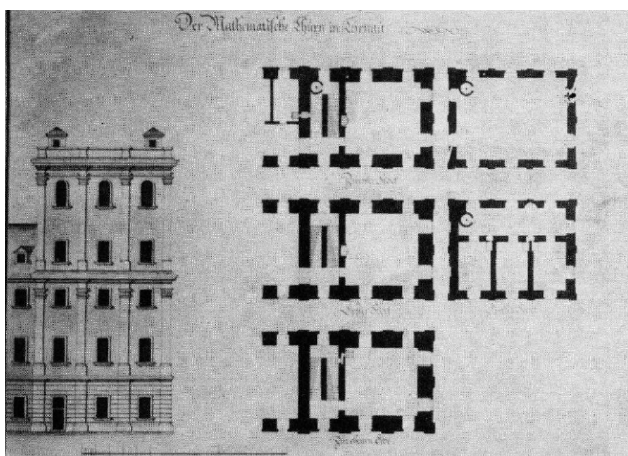
71. ábra Az AMANDA méretei

²⁷ http://nuastro-zeuthen.desy.de/e13/e45/index_eng.html, <http://baikalweb.jinr.ru/>

²⁸ <http://icecube.wisc.edu/>, http://en.wikipedia.org/wiki/Antarctic_Muon_And_Neutrino_Detector_Array

VII. Csillagvizsgálók Magyarországon

A nagyszombati egyetem csillagvizsgálója



72. ábra: A nagyszombati matematikai torony hosszmetsete, és az egyes emeletek

magas ablakkal ellátott teremből folytatták. Itt volt kijelölt meridián és camera obscura is. A csillagda nem sokáig működött. 1777-ben az egyetemet elköltöztették, s ezzel együtt az oktatói gárda is elhagyta a várost. Egyedül egy adjunktus, Taucher Ferenc maradt még néhány évet, de 1785-ben ő is továbbállt Budára. Ezzel megszűnt a csillagászat Nagyszombatban. Ma a tornyoknak nyomuk sincs, a régi épületben szlovák katonai levéltár működik.²⁹

Csillagászati ismereteket hazánkban a nagyszombati egyetem alapításától (1635) kezdve tanítanak, ugyanakkor az első csillagvizsgálót, az akkori nevén „matematikai tornyot” csak 1753-ban kezdték el építeni. Tervezője Kéry Ferenc, berendezője pedig Weiss Xavér Ferenc matematikus volt. Az eszközöket az alsóbb szinteken helyezték el, míg az észleléseket a külön erre a célra épített, tíz

Csillagvizsgáló Egerben



73. ábra: Az egeri líceum és a csillagvizsgáló tornya gimnáziummá alakította. A 19. század elejére műszerparkja elavult, s így bár többször próbálkoztak az intézmény felélesztésével az nem vezetett eredményre. A második

Az egeri csillagvizsgáló egy tervezett egyetem részeként gróf Eszterházy Károly, egeri püspök kezdeményezésére jött létre 1764-ben, s teljes egészében 1785-re készült el. A modern műszerekkel felszerelt intézményt, a „speculát” oktatási és a tudományos célokra szánták. Ezt azonban megghiusította II. József parancsa, amely a tervezett intézményt papneveldévé majd

²⁹ Bartha Lajos: A nagyszombati egyetem csillagvizsgálójának kezdetei
http://astro.elte.hu/astro/hun/konyvtar/padeu/padeu_vol_16/padeu_vol16_bartha.pdf,
http://csillagaszattortenet.csillagaszat.hu/magyar_18-19._sz._csillagaszata/20060704_elpusztult_obszervatoriumok.html

világháború során a torony, és a benne levő műszerek megrongálódtak, de ezeket később rendbe hozták és 1966-ban megnyílt az azóta is működő csillagászati múzeum.³⁰

Csillagda a budai várban

1777-ben a nagyszombati egyetem Budára költözött, ahol a Bécsben székelő uralkodó által nem használt királyi várba költözött be. A csillagvizsgáló a palota tornyát kapta meg. Ez a környezet azonban tudományos szempontból nem volt előnyös. A tornyot nem e célra építették, s a csillagászok nem



74. ábra: A budavári királyi palota a XVIII. század végén

kezdhettek rajta nagyarányú átépítéseket. Mária Terézia utóda, II. József visszavonta anyja adományát és igényt formált a Várra. Így az egyetem ismét költözni kényszerült, ezúttal Pestre. Itt azonban a csillagvizsgáló elhelyezésére alkalmas hely nem volt, ezért az obszervatórium a Várban maradt. A nem megfelelő hely miatt a csillagda tudományos tevékenysége hanyatlott, s mindinkább felmerült az igény egy új csillagvizsgáló építésére.³¹

A Gellérthegy Csillagda

Mintegy három évtizedet kellett várni, hogy végre megépüljön a várbeli csillagda utódja. Helyének a Gellérthegyvet választották. Tervezője Pollack Mihály volt. Európa egyik legkorszerűbb csillagvizsgálóját, az Urániát 1815-ben adták át. A kiváló adottságok ellenére azonban mégsem születtek



75. ábra: A gellérthegy csillagda az 1840-es években

jelentős eredmények, ugyanis az intézmény működtetésére már nem volt pénz. Ugyanakkor a csillagászat népszerűsítése terén jelentős sikereket értek el. Távcsoves megfigyeléseket,

³⁰ http://aries.ektf.hu/~bikini/ecstva/index_ket_evszakados.htm

³¹ <http://astro.elte.hu/astro/hun/tortenet/tsztortenet.html>

előadásokat szerveztek, a csillagda rendszeres látogatói között volt Kazinczy, Széchenyi és Vörösmarty is. 1849-ben Buda ostroma során a csillagda súlyosan megsérült. A szabadságharc után egy darabig tervezték az újjáépítését, de erre a Citadella megépítése miatt nem került sor. 1852-ben hivatalosan is megszűnt.³²

Csillagvizsgáló Ógyallán



76. ábra: Az ógyallai csillagvizsgáló napjainkban

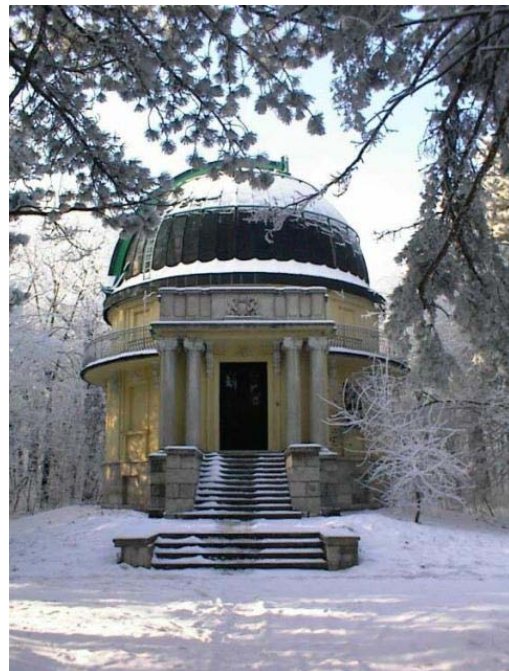
Konkoly Thege Miklós 1842-ben született gazdag felvidéki nemesi családban. Pesten majd Berlinben fizikát és csillagászatot tanult. Diplomát 1863-ban szerzett. Ógyallai (ma Hurbanovo) birtokán 1870-ben kezdte meg a csillagda építését. Ennek a működése kezdetben a napfoltok megfigyelésére, időmeghatározásra és a hullócsillagok megfigyelésére szorítkozott. 1874-ben új műszert szerzett be azonban lakóháza már alkalmatlan volt egy ilyen készülék befogadására, ezért a fürdőépületből alakított ki egy új csillagdát. Tulajdonképpen ez lett a ma is meglévő obszervatórium. Az idő múlásával Konkolyt egyre jobban aggasztotta intézetének a jövője. Úgy vélte, hogy halála után csillagdjának a működése megszűnhet. Gyermektelen lévén a hetvenes évektől tárgyalásokba kezdett a Műszaki Egyetemmel az esetleges átvételről. Bár ekkor nem ért célt parlamenti képviselőként mégis sikerült elérnie az intézete átvételét. Konkoly 1916-ban halt meg. Bár intézete túlélte őt, eredeti célját, hogy obszervatóriuma a magyar tudományosság bázisa legyen nem sikerült elérnie, pontosabban nem úgy ahogy ő gondolta. 1918-ban Ógyalla s vele a csillagda is csehszlovák kézre került. Az ország számára elveszett, ugyanakkor az itt felnevelkedett tudósok képesek voltak a semmiből létrehozni a svábhegyi csillagvizsgálót és továbbvinni Konkoly örökségét. Meg kell még említenünk, hogy az első bécsi döntés után ugyan visszatért Ógyallával a csillagda is hazánkhoz, de tudományos tevékenységet már nem folytatott és 1942-ben meg is szüntették. Utólag pedig ez lett a szerencsénk, hiszen így a II.

³² <http://mek.niif.hu/01900/01903/html/index1663.html>,
http://mek.oszk.hu/05300/05391/pdf/Albert_Gellerthege_Csill.pdf,
http://csillagaszattortenet.csillagaszat.hu/magyar_18-19._sz._csillagaszata/20060704_elpusztult_obszervatoriumok.html,
http://csillagaszattortenet.csillagaszat.hu/magyar_18-19._sz._csillagaszata/uraniae_20080814.html

világháború után az egész Konkoly örökség: a könyvtár, a műszerek, a berendezés Svábhegyen maradhatott, s nem vészett el ismét.³³

Ógyalla örököse: a svábhegyi csillagvizsgáló

Trianon után az állami tulajdonú csillagászati intézet épület és könyvtár nélkül maradt, ezért új obszervatóriumot kellett építeni. Ennek megfelelő helyet a Svábhegyen találtak. Az építkezés 1921-ben indult meg. 1923-ban a csillagda felépítésének társadalmi támogatására létrejött a Stella csillagászati egyesület, aminek az elnöke Klebelsberg Kunó lett. 1926-ban megállapodtak a még a világháború miatt elmaradt távcsöbeszerzésről a Zeiss és Heyde gyárral, illetve megindult a "Fővárosi kupola" építése is. A 9,5 m átmérőjű forgó kupolát és az emelhető-süllyeszthető belső mozgópadról Zeiss-művek készítette el. 1928-ban adták át őket. A



77. ábra: A svábhegyi csillagvizsgáló fő kupolája

második világháború során budai hegyvidék szívében álló épületcsoport stratégiai jelentőséget kapott, de az észlelőmunka 1944 végéig folytatódott. Karácsonykor az intézet területére bevonultak a szovjet csapatok, de azt szerencsére nem dúlták föl és így az intézmény szerencsésen átvészelte a háborút. 1946-ban felállították a napfizikai osztályt. 1947-ben felhagytak az ismeretterjesztő munkával, és ezt a feladatot az ekkor létrehozott Uránia Csillagvizsgáló vette át. A napfizikai osztály 1958-tól Debrecenben önálló intézetként folytatja a munkáját. A város és ezzel együtt a fényszennyezés növekedése azonban egyre inkább alkalmatlanná tette a csillagdat a komolyabb észlelésekre, ezért felmerült egy új intézet létesítésének az igénye.³⁴

³³ <http://www.sulinet.hu/eletestudomany/archiv/1999/9920/acsillag/acsillag.htm>

<http://www.sulinet.hu/eletestudomany/archiv/1999/9921/korszak/korszakv.htm>

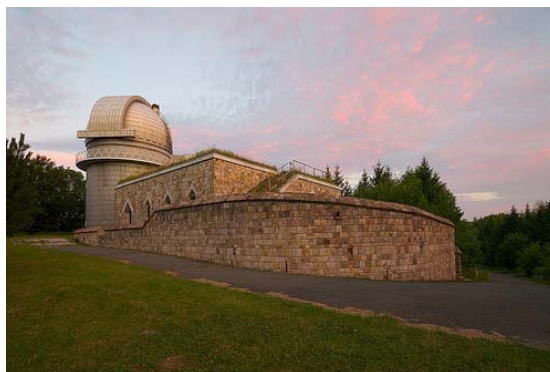
http://csillagaszattortenet.csillagaszat.hu/magyar_19-20._sz._csillagaszata/20040422_bp_svabhegy.html

³⁴ http://csillagaszattortenet.csillagaszat.hu/magyar_19-20._sz._csillagaszata/20040422_bp_svabhegy.html

<http://www.sulinet.hu/eletestudomany/archiv/1999/9921/korszak/korszakv.htm>,

A piszkéstetői obszervatórium

Az új obszervatórium számára több helyszín is szóba került, végül is a Galyatető közelében levő Piszkéstető mellett döntöttek, mivel közel volt az úthálózathoz, elérhető távolságra az elektromos energiától és a víztől. A Minisztertanács 1958-ban az új létesítmény anyagi fedezetére 9 millió forintot hagyott jóvá. Még ebben az évben megindult az építkezés és 1961-re be is fejeződött. Véglegesen 1974-re készült el.³⁵



78. ábra: A piszkéstetői obszervatórium

A Szegedi Tudományegyetem csillagvizsgálója



79. ábra: Az SZTE csillagvizsgálója 1992-ben

lehetőség a műszer elhelyezésére, a Bajai Obszervatóriumban került felállításra. A kutatók és a hallgatók így csak korlátozottan használhatták a távcsövet. Az egyre szűkösebb pénzforrások miatt egy ideig szinte reménytelennek tűnt egy obszervatórium felépítése. A JATE 1990 nyarán megalapította a Szegedi Csillagvizsgáló Alapítványt félmillió forinttal. Az alapítvány még 3 millió forintot gyűjtött össze támogatásokból. A csillagvizsgáló 1991 és 1992 között épült fel. A megnyitó 1992. július 6-án volt.³⁶

"Szegeden a hetvenes évek közepéig a Béke-épület tetején működött Uránia bemutató csillagvizsgáló. Később ez a terem az egyetemhez került. 1985-ben az odesszai testvéregyetem csillagászati intézetétől műszercsere keretében egy 40 cm főtükör átmérőjű Cassegrain-típusú távcsövet kapott a JATE Kísérleti Fizikai Tanszéke. Mivel akkor Szegeden nem volt

³⁵ <http://www.sulinet.hu/eletestudomany/archiv/1999/9922/piszkes/piszk.htm>

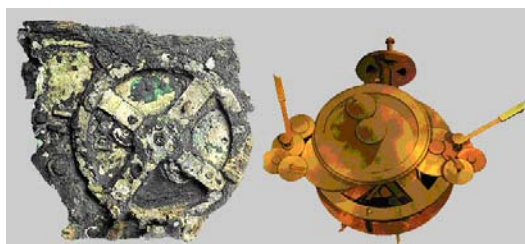
³⁶ <http://www.astro.u-szeged.hu/>

VIII. Planetáriumok

Planetárium alatt általában két dolgot értünk. Az egyik egy „olyan készüléket jelent, amely a csillagos ég képét természetű módon, de helytől és időtől függetlenül vetíti egy kupolára, és képes az égitestek mozgását felgyorsítva is ábrázolni.”³⁷ Másik jelentése, pedig egy intézményt jelöl, melyben a planetárium-gép segítségével ismeretterjesztő, oktató és szórakoztató célú előadásokat tartanak.

Mechanikus planetárium-szerkezetek

Az első, a Nap és a Hold mozgását bemutató készülékről Ciceró tesz említést De Republica című munkájában. Az eszköz nem maradt fenn, de ha létezett, akkor valószínűleg Arkhimédész készíthette. Az első kézzelfogható leletet 1901-ben egy görög sziget, Antikythera mellett találták meg egy elsüllyedt, ie. I. századból származó római hajóroncsban. Az antikytherai mechanizmus tulajdonképpen egy fogaskerekekkel működő ókori görög szerkezet néhány darabja. Rendeltetéséről a mai napig folynak a viták. Lehetett a Nap és a Hold mozgását előrejelző eszköz, de akár naptár is. Ezután hasonló eszközről csak a XIII. században élt Johannes Campanustól hallunk. Ő a Theorica Planetarum című művében leír egy planetáriumot, illetve utasításokat adott, hogy hogyan lehetne építeni egyet. A Naprendszer első mozgatható modelljét azonban csak 1682-ben építette meg a holland csillagász, Huygens egy órászmester segítségével. Később hasonló szerkezetet épített az angol John Roweley, aki ezt támogatójának, Orrery grófjának ajándékozta. Ez azért nevezetes, mert innen ered, hogy az angol nyelvterületen a mechanikus planetárium-szerkezeteket a mai napig orrerynek nevezik. Ezután még számtalan hasonló szerkezet készült, ezek közül csak Dawid Rittenhouse amerikai órászmester szerkezetét említeném meg. „Szerkezetében a bolygók mozgásai már jól megközelítik a Kepler-pályákat. 1,2 m átmérőjű berendezése a Szaturnuszig mutatta a Naprendszert.” Sikerét jelzi, hogy az alkotó halála után 124 évvel rendezett 1893-as Chichagói világkiállításon is bemutatták.³⁸



80. ábra: Az antikytherai mechanizmus



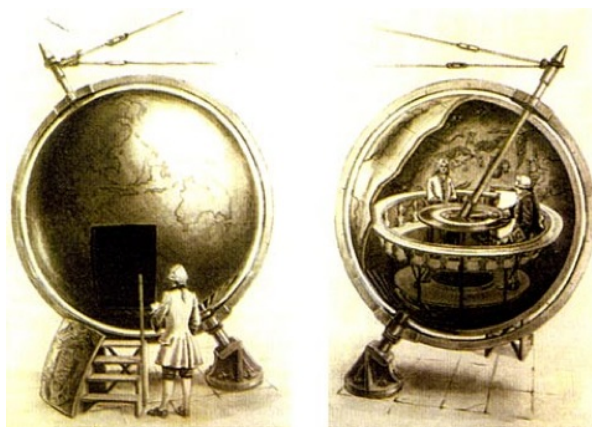
81. ábra: John Roweley szerkezete

³⁷ Herrmann, Joachim Atlasz Csillagászat Athenaeum 2002

³⁸ Schalk Gyula: Planetárium és csillagászat Budapest Gondolat 1977

Forgó éggömbök

Ebbe a típusba tartozik Adam Olearius, III. Frigyes Schleswig-Holstein-Gottorp-i herceg udvari matematikusának és földrajztudósának 1654 és 1664 között készített, 4 m átmérőjű réz félgömbje, amelyben néhány ember kényelmesen elfért. Ennek belső felületére csillagokat festett, s az olajlámpa fényében ezekről visszaverődött a fény. A gömböt vízi erővel



82. ábra: Adam Olearius éggömbje

forgatta. Meg kell még említenünk Wallace Atwood, chichagoi akadémikus által 1912-ben készített, 4,5 m átmérőjű éggömböt is. Ez hasonló volt Olearius szerkezetéhez, de itt a forgatást már elektromos motor biztosította, s a megvilágítást sem belülről oldotta meg, hanem kívülről. Ez úgy volt lehetséges, hogy a csillagokat nem felfestette, hanem a helyüket kilyukasztotta. Így az éggömbben tartózkodó a csillagokat (700 db) mint fénylő pontokat láthatta.³⁹

Mennyezetre szerelt planetáriumok

Ebből a típusból kettőt említenék meg: az egyik Eise Eisiga holland csillagász műve. Szerkezetét 1774 és 1781 között építette fel franekeri háza nappalijának a mennyezetére. A szerkezetet különböző tömegű súlyokkal és ingákkal hajtotta meg. Az 1781-ben felfedezett Uránusz már nem került fel rá, mivel ez tönkretette volna a frissen elkészült szerkezet arányait, illetve hely sem lett volna rá igazán. Ez a legrégebbi, ma is működő planetárium a világon. A másik 1923-ban épült fel Franz Meyer, a jénai Zeiss Művek mérnökének a vezetésével a müncheni Deutches Museumba. Ez egy 12 m átmérőjű, lapos henger alakú helyiség mennyezetén van. A terem 2,8 méter magas. A mennyezetén különleges sínrendszeren helyezkedik el a Naprendszer 11,25 m átmérőjű modellje⁴⁰.



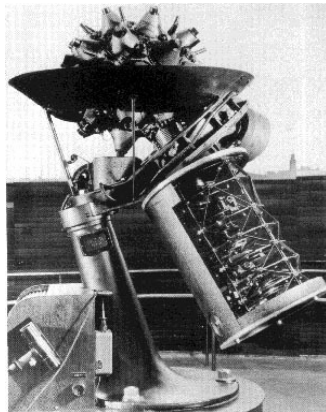
83. ábra: Eise Eisiga planetárium

³⁹ Schalk Gyula: Planetárium és csillagászat, Budapest Gondolat 1977

⁴⁰ Abbot, Alison: Hidden treasures: Eise Eisinga Planetarium, 2008
<http://www.nature.com/nature/journal/v451/n7182/full/4511057a.html>
Schalk Gyula: Planetárium és csillagászat, Budapest Gondolat 1977

Projekciós planetáriumok

Ezek működési elve, hogy egy félgömb, vagy kupola belső felületére vetítik az égitestek képét. A vetítőkészüléket pedig olyan hajtórendszerrel látják el, aminek a segítségével az égitestek képei a valódi csillagok, bolygók Földről megfigyelhető mozgásának megfelelően látszanak mozogni. Így el lehet érni, hogy a megfigyelő úgy érzi, mintha tényleg a csillagos ég alatt lenne. Az első, ezen az elven működő szerkezetet Walter Bauesfeld, a Zeiss Művek főmérnökének a vezetésével mintegy öt éves fejlesztőmunka után, 1923-ra építették meg s a Deutches Museumban mutatták be a nagyközönségnek. 1924-ben Valter Villiger módosította az eredeti terveket, így ezután bármelyik szélességi körön tudták a csillagok járását ábrázolni. Ezzel megszületett a Zeiss Univerzális Planetárium. Ez a planetárium-szerkezet súlyzó alakú. Két végén egy-egy csillagömb van – egyik az északi, másik a déli félgömb csillagaival –, a Nap, a Hold és a bolygók vetítőit az összekötő fémrúd mentén helyezték el. A planetáriumok egy része ma is ezen az elven működik, köztük a TIT budapesti planetárium is.⁴¹



84. ábra: A világ első projekciós planetárium



85. ábra: A budapesti planetárium

Digitális planetáriumok

A modern planetáriumokban már nem a hagyományos vetítőgépet használják. Ezeket felváltották a digitális eszközök, amelyekben a kivetítendő képet számítógéppel generálják. Ezek nagy előnye, hogy szinte bármit képesek kivetíteni. Emellett van, ahol kombinálják a két technikát.



86. ábra: A pekingi digitális planetárium

⁴¹ Lankford, John: History of Astronomy: An Encyclopedia, Taylor & Francis, 1997
Schalk Gyula: Planetárium és csillagászat, Budapest Gondolat 1977

Hordozható planetáriumok

Ezen típusok közös jellemzője a rövid idő alatt felfújható kupola, illetve a digitális planetárium-szerkezet alkalmazása. Ideálisak oktatási célokra és ismeretterjesztésre.



87. ábra: Felfújható kupola

Régebbi planetárium-épületek

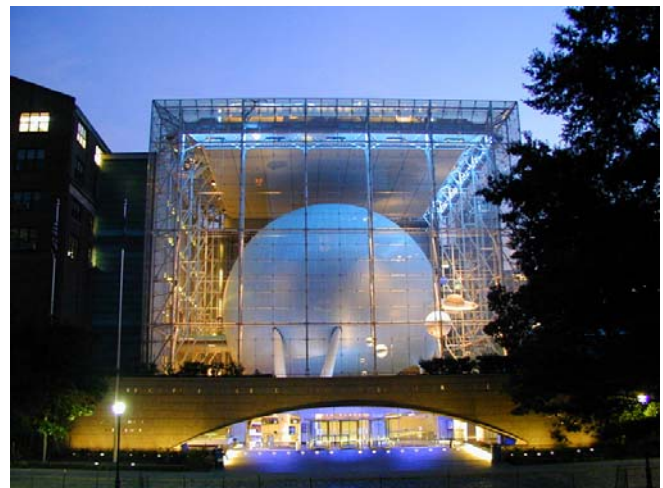
A régebben épültek jellemzője, hogy kupolájuk építéséhez hagyományos anyagokat használtak. A belső felületük vakolásához pedig gipszet. Ezek behatárolják a hangszórók elhelyezését és a szellőzést is nehezítik. Erre a típusra példa a jénai planetárium.



88. ábra: A jénai planetárium

Alumíniumkupolás planetáriumok

A modern planetáriumok egy részében a kupolát alumíniumból építik. Ennek az az előnye, hogy az alumíniumlemezek perforálhatóak. Ezzel a megoldással csökkenteni lehet a hangok visszaverődését a kupolában, illetve lehetővé válik, hogy a hangszórókat a kupola mögött helyezték el. Ez azért fontos, mert így megoldható, hogy a hangok csak bizonyos irányokból érkezenek, s ezzel igazán élvezetes



89. ábra: A Hayden planetárium (New York, USA) este

hangélményt nyújtsanak a látogatóknak. Az apró lyukaknak a szellőzésben is fontos szerep jut, ugyanis a planetáriumok levegőjének szinte pormentesnek kell lennie, mert a lebegő porszemek láthatóvá teszik a vetítőfényeket. Ilyen kupola van a New York-i Hayden

Planetárium új épületében is. Fontos feladat még a planetárium kupolájának belsejét tökéletesen simává alakítani, mert az illesztések nem látszhatnak, de a minél tökéletesebb illúzió eléréséhez ez nem elég. A hagyományos vetítógépek korában a kupolákat általában fehérre festették, de a digitális vetítógépet használó planetáriumokban már nem. Ugyanis míg régebben csak világos pontokat vetítettek a kupolára, addig a tükröződés nem volt probléma. A fényes képeket vetítő digitális planetáriumokban azonban már előfordulhat, hogy a kupola egyik oldalára vetített kép áttükröződhet a kupola másik oldalára, jelentősen rontva ezzel az illúziót. Ezért inkább középszürkére festik belülről őket, hogy ezzel is csökkentsék a visszaverődést.⁴²

Magyarországi planetáriumok

Budapest

Magyarország első planetáriumát 1977. augusztus 17-én adták át, az első csillagászati műsort benne augusztus 20-án mutatták be. A vetítést végző planetárium gép egy Zeiss gyártmányú Universal típusú mechanikus eszköz. A kupola belső felülete majdnem 1000 m². A városban még egy planetárium található az ELTE TTK lágymányosi épületének a tetején, de sajnos még nincs benne műszer.⁴³



90. ábra: Előadás a planetáriumban



91. ábra: A TIT budapesti planetáriumának épülete

⁴² <http://museumvictoria.com.au/planetarium/about-us/dome/>, <http://en.wikipedia.org/wiki/Planetarium>

⁴³ <http://www.planetarium.hu/>
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Planet%C3%A1rium>

Vidéki planetáriumok

A fővároson kívül csak Kecskeméten és Egerben található planetárium. A kecskeméti egy kisebb planetárium, mindössze 50 fő a befogadóképessége. Leginkább tanulócsoportokat fogadnak.⁴⁴ Az egri planetáriumnak nincs önálló épülete, a csillagvizsgáló toronyban kapott helyett. Ebbe a kecskemétinél is kevesebben, mindössze negyvenen férnek el. Kupolája csak 6 méter átmérőjű.⁴⁵ Hazánkban ezeken kívül még Pécsen is volt planetárium, illetve csillagvizsgáló, de ez sajnos megszűnt és lebontották.



92. ábra: A kecskeméti planetárium épülete



93. ábra: Planetárium az egri "Varázstoronyban"



94. ábra: A pécsi planetárium



95. ábra: A pécsi planetárium bontása

⁴⁴ http://plani.csillagaszat.hu/a_kecskemeti_planetariumrol.html

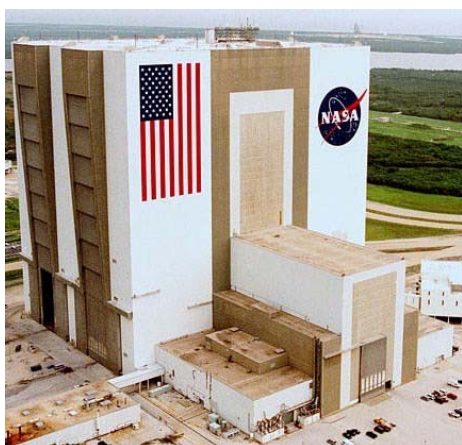
⁴⁵ http://hirek.csillagaszat.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=1009

IX. Űrközpontok

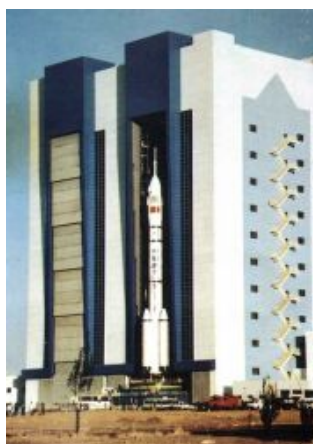
„Az űrhajózási hordozórakéták indításhoz való előkészítéséhez és indításához szükséges építmények, épületek, berendezések és ezek telepítési területének összességét együttesen űrrepülőtérnek, űrközpontnak, vagy oroszul kozmodromnak nevezik. Az űrrepülőtérnek főbb objektumai: a technikai állás, az indítókomplexum és a parancsközlő-mérő berendezések rendszere.

Technikai állás: a hordozórakétát és az űreszközt indításhoz előkészítő épületek, berendezések, és ezek telepítési területeinek az összessége. Itt történik a hordozórakéta és az űreszköz részeinek az átvétele, tárolása, időszakos ellenőrzése, összeszerelése és a szállító járműre helyezése. Ellátják raktárakkal, valamint vasútállomással, repülőtérrel és esetleg kikötővel is, hogy fogadhasa az űreszközök darabjait, üzemanyagát stb. Elhelyezésénél fontos szempont, hogy akár egy hordozórakéta felrobbanása esetén se essen kár a berendezésekben és az épületekben.

Indítókomplexum: mindazon földterületek, építmények, technikai berendezések, rendszerek összessége, amelyek a technikai álláson készre szerelt hordozórakéta átvételéhez, valamint az indítást megelőző műveletekhez és az indításhoz szükségesek. Központja a vezetési pont, innen távirányítással végzik az átvételi, átrakási, felszállítási, feltöltési, ellenőrzési, indítási műveleteket. A vezetési pont rendszerint az indítórendszertől biztonságos távolságra, részben vagy teljesen a földbe süllyesztve helyezkedik el.



96. ábra: Amerikai összeszerelő csarnok



97. ábra: Kínai összeszerelő csarnok



98. ábra: Francia összeszerelő csarnok

Parancsközlő-mérő rendszer: a hordozórakétának a röppálya aktív szakaszán való irányításához, valamint a röppálya adatainak méréséhez szükséges berendezésekből áll. A parancsközlő-mérő rendszer ad lehetőséget a hordozórakéta és az űreszköz röppályaelemeinek

mérésére, olyan parancsoknak az űreszköz fedélzetére való továbbítása, amelyek a fedélzeti végrehajtórendszereket bekapcsolják, a programokat megváltoztatják. Feladata továbbá, a kapcsolattartás, a telemetrikus információk vétele, illetve ezek továbbítása az irányítóközpontba.”⁴⁶

Irányítóközpontok

Az űrrepülőterektől megkülönböztetjük az irányítóközpontokat, melyek az űreszközök pályára állását követően veszik át az irányítást az űrrepülőtér parancsközlő-mérő rendszerétől az űreszközök felett. Általában nem egy helyen található a két intézmény. Az Egyesült Államok űrrepülésirányítóközpontja Houstonban, Oroszorszáé Korolyovban, Kínáé Pekingben, míg az ESA-é Darmstadtban van.⁴⁷



99. ábra: A korolyovi irányítóközpont

Elhelyezkedésük, gazdasági szerepük: Az űrrepülőterek elhelyezésénél két tényezőt kell leginkább figyelembe venni. Az egyik, hogy nagykiterjedésű, lakatlan területre kerüljenek, hogy az esetleges balesetek ne okozzanak kárt emberéletben. A másik szempont az Egyenlítőtől való távolság. Az űrrepülőtereket általában az adott ország ehhez legközelebb eső területén építik fel. E mögött anyagi megfontolások állnak. Ugyanis az Egyenlítőhöz közeledve a Föld forgásából adódó kerületi sebesség egyre nagyobb. Ez a sebesség pedig hozzáadódik a felbocsátott rakéta sebességéhez. Vagyis egy rakéta egy adott terhet az Egyenlítőn kevesebb mennyiségű hajtóanyaggal, azaz kevesebb pénzből képes az űrbe juttatni, mint attól délebbre, vagy északabbra. Az űrközpontok típusai⁴⁸:

⁴⁶ SH Atlasz- Űrtan, főszerkesztő Almár Iván, Budapest, 1996, Springer Hungarica Kiadó

⁴⁷ http://en.wikipedia.org/wiki/Lyndon_B._Johnson_Space_Center,
http://en.wikipedia.org/wiki/Russian_Federal_Space_Agency,
http://en.wikipedia.org/wiki/China_National_Space_Administration,
http://en.wikipedia.org/wiki/European_Space_Agency

⁴⁸ SH Atlasz- Űrtan, főszerkesztő Almár Iván, Budapest, 1996, Springer Hungarica Kiadó

Hagyományos, szárazföldi központok:

Bajkonur, Kazahsztán

A korábban szovjet, ma orosz űrközpont az Aral-tótól keletre, kb. 300 km² kiterjedésű területen fekszik. Központi települése, az űrrepülőter kiszolgálására 1955-ben létrehozott, a világtól sokáig elzárt Leninszk, mai nevén Bajkonur városa. Innen indították az űrbe a világ első műholdját, a Szputnyik 1-et, Gagarint és az orosz űrrepülőgépet a Buránt is. Jelenleg a Progressz és Sojuz űrhajók felbocsátására használják. A Szovjetunió szétesése óta Oroszország Kazahsztántól bérlti. 2005-ben pedig megállapodtak arról, hogy a kazahok is részt vesznek a központ működtetésében, s egyúttal el is kezdték annak bővítését a Baiterek indítóállással⁴⁹.



100. ábra: Bajkonur indítóállás

Cape Canaveral és a Kennedy űrközpont

Az Egyesült Államok űrközpontja Floridában az Atlanti-óceán partján található. Az első rakétát innen 1950-ben bocsátották fel, de innen indult útjára az első amerikai műhold, az Explorer I 1958-ban illetve az Apolló-program űrhajósai, és ma a Space Shuttle űrrepülőgépek is. Tartozik hozzá egy látogatóközpont is.⁵⁰



101. ábra: Cape Canaveral rakétaindító telep

⁴⁹ <http://www.globalsecurity.org/space/library/news/2005/050608-baikonur.htm>,
http://en.wikipedia.org/wiki/Baikonur_Cosmodrome, SH Atlasz- Űrtan, főszerkesztő Almár Iván, Budapest, 1996, Springer Hungarica Kiadó

⁵⁰ http://hu.wikipedia.org/wiki/Cape_Canaveral

Kourou, Francia Guyana

1964-ben választották ki az Atlanti-óceán partján fekvő területet akkor még francia űrközpont helyszínéül, s működését 1970-ben kezdte meg. 1975-ben az ESA létrejöttekor Franciaország felajánlotta az ESA részére is a használatát. Jelenleg az ESA, a CNES és az Arianespace francia vállalat használja.⁵¹



102. ábra: Az Ariane 4 rakéták indítóállása

Jinquan, Kína

Rakétaindító-telep Belső-Mongóliában. 1965-től rakétahajtóművek kipróbálására használják. 1970-ben innen indították útnak első műholdjukat a "A Kelet Vörös"-t, illetve 2003-ban a Shenzhou 5 űrhajót fedélzetén az első kínai űrhajóssal.⁵²



103. ábra: Shen Zhou rakéta indítása

Kiképzőközpontok

Az űrhajósjelölteknek kiválasztásuk során több feltételnek, pl. orvosi, pszichológiai stb. kell megfelelniük. A kiválasztott űrhajósjelöltek a kiképzés után válhatnak űrhajóssá. A kiképzés alap (fizika, matematika, csillagászat, meteorológia, távérzékelés számítástechnika, navigáció, élettudomány, anyagkutató, ejtőernyős ugrás, túlélési tanfolyam, űrruhákkal való ismerkedés, gyakorlat a nyomáskamrában és a centrifugában) és speciális (hordozórakéták és az űrhajó vagy űrrepülőgép főbb rendszerei, majd ezek részletesebben) részből áll. Ezután szimulátor segítségével az űrrepülés főbb mozzanatait gyakorolhatják, illetve az űrhajón kívüli tevékenységet egy vízmedencében. A kiképzés helyszínei a kiképzőközpontok. Az Egyesült

⁵¹ http://www.esa.int/esaMI/Launchers_Europe_s_Spaceport/index.html ,
http://en.wikipedia.org/wiki/Guiana_Space_Centre

⁵² SH Atlasz- Űrtan, főszerkesztő Almár Iván, Budapest, 1996,

Államok kiképzőközpontja Lyndon B. Johnson Űrközpontban (Houston), Oroszorszáég, a Moszkvától nem messze levő Csillagvárosban található Jurij Gagarin Kozmonauta Kiképző Központban, Kínáé a pekingi Kínai Asztronauta Kiképző Központban, míg az ESA kiképzőközpontja Kölnben van.⁵³



104. ábra: Centrifuga Csillagvárosban



105. ábra: Szerelési munkálatok gyakorlása medencében (Csillagváros)

⁵³ SH Atlasz- Űrtan, főszerkesztő Almár Iván, Budapest, 1996, Springer Hungarica Kiadó

Rakétaindítás a tengerből

Korábban említettem, hogy az Egyenlítőről lehet a leggazdaságosabban a világűrbe juttatni a műholdakat és minden más terhet. Emiatt a NASA és a Római Egyetem 1960-ban rakétaindítás céljára átalakított egy kiöregedett tengeri fűrészigetet Kenya partjai mentén. A San Marco indítókomplexumból 1964-től 1988-ig összesen 27 rakétát bocsátottak fel. Ezt ma már nem használják, de egy orosz-amerikai-ukrán-norvég vállalatokból álló konzorcium, a Sea Launch 1995-98 között átalakított egy fűrészigetet, s azt a Csendes-óceán egyenlítői részére vontatta. Innen a mai napig bocsátanak fel távközlési műholdakat, s 2008-ban már túl voltak a 29. sikeres rakétaindításon is. A két rendszer hasonló, de abban különböznek, hogy az irányítást honnan oldották meg. Míg az előbbinél egy másik fűrészigetről, addig a Sea Launchnál egy hajóról végzik ezt el.⁵⁴



106. ábra: Tengeri indítás

A Start-1 rakétaindító rendszer

Nevét az 1972-ben aláírt szovjet-amerikai fegyverkorlátozási egyezményről kapta. Ennek értelmében mindkét fél nukleáris robbanófejeinek a számát 6000 darabban korlátozták. Emiatt a Szovjetunió kivonta a használatból a mobil interkontinentális rakétaindító telepeinek egy részét. Az összeomlása után az oroszok úgy döntöttek, hogy ezek közül néhányat hasznosítanak és úgy alakították át őket, hogy az űrbe tartó rakétákat is képesek legyenek indítani. Az első ilyen indítást 1997-ben hajtották végre. Ma egy orosz vállalat irányítja a START-1 programot.⁵⁵



107. ábra: A START -1 rendszer

⁵⁴ <http://www.boeing.com/special/sea-launch/>, http://en.wikipedia.org/wiki/Sea_Launch

⁵⁵ <http://en.wikipedia.org/wiki/Start-1>

X. A napórák

A napóra úgy méri az időt, hogy a Nap által vetett árnyék hosszát és irányát arányítjuk egy skálához. Olyan árnyékváltozásokat mutat, amit a Föld dőlt tengelyű forgása vált ki, miközben kering a Nap körül. A napóra a valódi helyi időt mutatja. A napórákat rögzített és hordozható típusokra osztjuk. A rögzített napórák fontosabb típusai: gömb napórák, homorú félgömb napórák, függőleges napórák, egyenlítői napórák és vízszintes napórák.⁵⁶



108. ábra: A Columbia Egyetem (USA) egykori gömb napórája



109. ábra: Horizontális napóra Brookside Botanikus Kertben (USA)



110. ábra: Vertikális napóra Württembergben (Németo.)



111. ábra: Egyenlítői napóra Chicagóban (USA)



112. ábra: Félgömb alakú napóra (Korea)

Különleges napórák:



113. ábra: Napóra, mint köztéri alkotás Dunaújvárosban



114. ábra: A kaliforniai Napórahíd

⁵⁶ http://napora.mcse.hu/rogzített_naporak.html



115. ábra: A napóra mint reklámhordozó egy pécsi ház falán



116. ábra: A napóra mint szobor egy amerikai golfklubban

XI. Módszertani fejezet

A fizika tantárgy helye a NAT-ban

Az iskolai tananyag-kiválasztás szempontjait gyakorlatias megközelítésben Ralph W. Tyler amerikai pedagógus fejtette ki. Eszerint az iskolai tananyag összeállításánál figyelembe kell venni a tanuló tanítási szükségleteit, érdeklődését, a kortárs társadalom igényeit az iskola, a műveltség iránt, illetve a szaktudományok képviselői által relevánsnak tartott tudás körét.⁵⁷ Magyarországon erről a Nemzeti alaptanterv (NAT) gondoskodik. A NAT több kulcskompetenciát jelöl ki. Ezek közül az egyik a természettudományos kompetencia. „A természettudományos kompetencia készséget és képességet jelent arra, hogy ismeretek és módszerek sokaságának felhasználásával magyarázatokat és előrejelzéseket tegyünk a természetben, valamint az ember és a rajta kívüli természeti világ közt lezajló kölcsönhatásban lejátszódó folyamatokkal kapcsolatban magyarázatokat adjunk, előrejelzéseket tegyünk, s irányítsuk cselekvéseinket.”⁵⁸ Ezen kompetencia fejlesztését a NAT által kijelölt „Ember a természetben” műveltségi területbe tartozó tantárgyak, a kémia, a biológia és a fizika végzik. Vagyis korszerű természettudományos műveltséget ezeken az órákon kellene a diákoknak elsajátítaniuk.

Az általános iskolai fizika oktatás helyzete

Az általános iskolákban 5. és 6. osztályban integráltan oktatják a fent említett három tárgyat természetismeret néven. Külön tárgyakká csak az utolsó két évfolyamon válnak. A fizika itt nem igazán jut szerephez, bár ez iskolafüggő, mert van ahol megpróbálkoznak a természetismeret keretében a fizika alapjainak az oktatásával. Ehhez lehet segítség például a Mozaik kiadó Természetismeret 6. - Fizikai és kémiai ismeretek című tankönyve. Ha viszont ez nem történik meg, akkor fizikával csak hetedik és nyolcadik osztályban találkoznak a gyerekek, vagyis egy évvel kevesebb ideig tanulhatnak fizikát, mint például a kilencvenes évek közepén. A fizikára évente kb. 50-60 tanóra jut, azaz heti másfél-két óra. Ez nem sok. Az óraszám csökkentése miatt a tananyag átadásán túl alig vagy egyáltalán nem marad idő kísérletezésre, a tananyag jobb megértésére, gyengébbek fejlesztésére és akkor még feladatmegoldásról egy szót sem ejtettünk.. Tehát a diákok leterheltsége nemhogy csökkent, hanem jelentősen nőtt. Azt viszont mindenki beláthatja, hogy a tanulók természettudományos szemléletét, biztos tárgyi tudását csak úgy alapozhatjuk meg, ha a fizika tanítása során

⁵⁷ Báthory Zoltán: Tanulók, iskolák - különbségek : egy differenciális tanításemélet vázlata Budapest OKKER, 2000

⁵⁸ NAT 2007

kísérleteket, méréseket végzünk. Ennek a következménye, hogy ma az általános iskolából kikerülő diákok többsége inkább elidegenedik a fizikától, mintsem megszeretné azt, s fizikatudásuk is meglehetősen hiányos.⁵⁹

A középiskolai fizika oktatás helyzete

A középiskolai fizikatanárookra ezért nagy feladat hárul. Egyrészt bővíteniük kell tanítványaik fizikatudását, másrészt az érdeklődésüket is fel kellene kelteni a fizika iránt, hogy a középiskola elvégzése után mérnöki, kutatói, orvosi irányba tanuljanak, tanulhassanak tovább. Ezen elvárásoknak nehéz megfelelni, mert több tényező is gátolja a fizikatanárok eredményes munkáját. Egyik probléma az, hogy az általános iskolából hozott minimális fizikatudásuk miatt 9. osztályban rendkívül nehezen bánnak el a gyerekek a számításokkal. Ezekkel itt találkozunk először, hiszen általános iskolában nem oldanak meg egyedül feladatokat. Ráadásul ezt még tetézi, hogy a fizikaórák egy egész osztálynak szólnak, így differenciált foglalkoztatásra nincs lehetőség. A gyengébbek felzárkóztatása ezért meglehetősen nehéz. A tanítási gyakorlatom során e problémával magam is szembesültem. A másik probléma az óraszám. A diákok egy évvel rövidebb ideig tanulnak fizikát, mint korábban, így már 11. osztályban befejezik fizikatanulmányaikat. Véleményem szerint az óraszám növelésén túl az mindenképp célszerű volna, ha a fizikát egészen 12.-ig tanulnának a diákok, mert jelenleg megszakad a folytonosság, sokan ezért 12. osztályban már el is állnak a korábban még ez irányba mutató szándékuktól. Fakultáció pedig kevés jelentkező esetén nem biztos, hogy indul. Az iskoláknak ugyan megvan a lehetősége, hogy a helyi tantervek kidolgozása során reálosztályokat hozzanak létre, amikben négy éven át tanulnak fizikát, illetve indíthatnak fakultációt, szakköröket, de ehhez az elhatározáson túl szükséges a természettudományok iránt érdeklődő diákság megléte is. Ez pedig nem mindig van meg. Mivel a tanulók többségében humán beállítottságúak, ezért ez fontos kérdés, hiszen a reáltárgyak fejlesztik elsősorban a gyerekek gondolkodását. Ezek háttérbe szorításával nem alakul ki és nem fejlődik a gyerekek logikai készsége.⁶⁰ Felvetődik a kérdés, hogy milyen lehetőségeink vannak a fizika iránti érdeklődés felkeltésére.

⁵⁹ www.elft.hu/aktual/Nat-melleklet.doc

⁶⁰ www.elft.hu/aktual/Nat-melleklet.doc

Tanóra keretén belül használható módszerek a fizika iránti érdeklődés felkeltésére

Kísérletek

A tanár által végrehajtott kísérletek nem csak látványosak, hanem a tananyag jobb megértését is lehetővé teszik. Csak a tanár által használt eszközre példa az elektrovaria. A diákok által is használható eszköz pedig az ejtőzsínór.

Prezentáció, filmrészletek alkalmazása

Fizikai, csillagászati témájú filmekből nincs hiány, és magunk is vehetünk föl filmeket a televízióból. Ma erre a legjobb forrást a National Geographic Channel, a Discovery Channel, és a Spektrum televízió kínálja, de néha a Duna televízióban is akadhatunk tartalmas műsorra, illetve rengeteg anyag található az Interneten is. Például az ejtés tanítását színesebbé tehetjük, ha az Apolló 15 űrhajósai által elvégzett kísérlet (toll és kalapács egyidejű ejtése) felvételét bemutatjuk. Ez jó minőségben a NASA honlapjáról letölthető.

Használhatunk írásvetítőt is, bár az ábrákat magunknak kell elkészíteni. A magyarázatoknál azért lehet hasznos, mert azonnal egyszerűen tudjuk javítani illetve az esetleges kiegészítéseket felírni rá.

A számítógépet használhatjuk videó vetítésére, képek, prezentációk bemutatására és fizikai témájú programok futtatására. Hasznos kiegészítője lehet a számítógépnek a digitális tábla is. Segítségével látványos feladatokat adhatunk tanítványainknak, illetve az óra tartását is megkönnyíti. Nagy hátránya, hogy nincs minden iskolában, és a digitális tananyag hiányzik hozzá. A feladatokat magunknak kellene összeállítani, ami meglehetősen hosszadalmas feladat, így napi használata, amíg nem lesz központilag előre elkészített tananyag, addig nem kivitelezhető. A magáncégektől beszerezhető tananyagok, programok pedig drágák.

Csillagásattörténeti óra

A fent említett eszközökön kívül ez is egy jó lehetőség a motivációra. A humán beállítottságú gyerekeknek egyik nagy érdeklődési területe a történelem, így ezen keresztül lehetne őket a csillagászat irányába terelni. Néhány ötlet, amit egy ilyen óra megtervezésénél felhasználhatunk: Rá lehet világítani a csillagászat és a történelemtudomány kapcsolatára. Meg kell őket ismertetni azzal a ténnyel, hogy a "régebbi korokban nagy, megrázó hatású volt egy-egy napfogyatkozás. A nagyobb sötétséget okozó fogyatkozásokat a mély lélektani hatás alá került krónikások az egészen más eseményeket rögzítő írásaikba is bejegyezték. A jelenségek idejét – és gyakran a helyét is – pedig vissza lehet számolni, és rögzíteni lehet. Csupán a holdmozgások egyenleteinek ismerete és pontos megoldása szükséges hozzá.

Néhány körülményt azonban még figyelembe kell venni, például a Föld tengelyforgási idejének csak részben szabályos változását. Ennek meghatározása azonban a távolabbi múltra nézve egyáltalán nem könnyű. De éppen e régi, feljegyzett napfogyatkozások segítették a csillagászokat abban, hogy e lassú változásokat, azok mértékét is figyelembe vegyék. Ennek köszönhetjük például a magyar nép történetében nagyon fontos évszámnak, a honfoglalás évének az ismeretét."⁶¹ A csillagásztörténeti órán a csillagászzal kapcsolatos épületeket is bemutatathatjuk. A szamarkandi csillagvizsgáló említésekor például rávilágíthatunk az arab és perzsa csillagászat fejlettségére, vagy a rádiócsillagászzal kapcsolatban beszélhetünk a Nagy Fülről és a SETI-ről. Szót ejthetünk az órán Keplerről, illetve vele kapcsolatban az asztrológiáról megmutatva, hogy a csillagok állásának semmi köze az emberek életéhez és itt lehetne beszélni az áltudományokról is. Elmagyarázhatunk nekik olyan fogalmakat, mint például űrverseny, csillagháborús tervek, amelyek a történelem tankönyvekben is szerepelnek, de ott kellően nincsenek elmagyarázva.

Tanóra keretén kívül használható módszerek a fizika iránti érdeklődés felkeltésére

Távcsöves megfigyelés

A távcsöveknek az nagy előnyük az emberi szemmel szemben, hogy nagyobb a felbontó-, illetve a fénygyűjtő képességük, ezért a távcsövek alkalmazásával a szabad szem számára nem látható égitestek megfigyelésére is lehetőség nyílik. Az eszköz felállítása viszonylag rövid időt vesz igénybe és helyszínnek akár az iskola udvara is megfelel.



117. ábra: A Stellarium kezelőfelülete

Távcsőhöz pedig kedvező áron is hozzájuthatunk. A csillagászati megfigyeléseknek hasznos kiegészítője lehet egy planetárium program is. Az Internetről ingyenesen többféle programot tölthetünk le. Én a <http://www.stellarium.org> című oldalról letölthető Stellarium nevű programot ajánlanám. Előnye, hogy a kezelőfelülete magyar, nagyon látványos, a valóságghú égboltot mutatja, és még tartalmazza a csillagképek ki-be kapcsolható figurális ábrázolását is.

61

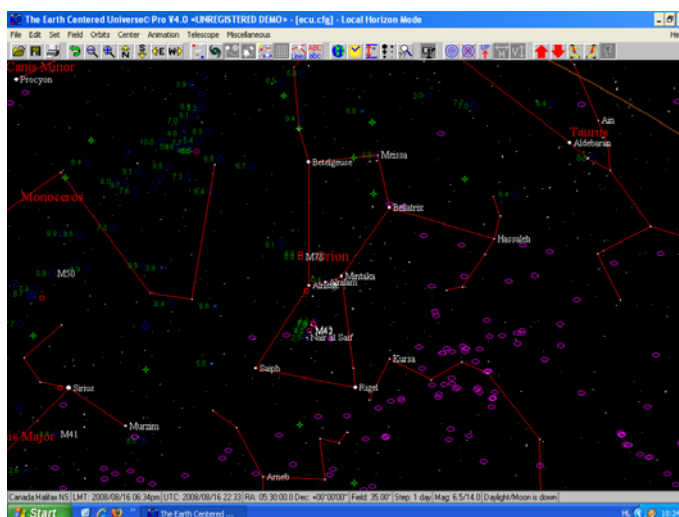
http://csillagaszattortenet.csillagaszat.hu/egyetemes_naptartortenet_es_kronologia/20050210_napfogyatkozások.html

Planetáriumok és csillagvizsgálók látogatása

Az osztálykirándulások során, ha van erre lehetőség, érdemes egyszer ilyet is betervezni. A budapesti planetáriumba délelőttől kora estig van műsor, de előzetes bejelentkezés alapján bármilyen, a műsorban szereplő előadást megtartanak reggel 8 és 12 óra között. Budapesten kívül Kecskeméten és Egerben láthatunk planetáriumi előadást. Csillagvizsgálókba is szervezhetünk programot. Budapesten a Polaris és az Uránia csillagvizsgáló, Szegeden az egyetemi csillagvizsgáló várja a látogatókat.

Csillagász szakkör

Érdeklődés esetén lehetőség van szakkör indítására. Itt megtaníthatunk mindent a diákoknak, ami az óra keretébe nem fért bele. Alapos ismeretekkel láthatjuk el őket, szervezhetünk rendszeres távcsöves megfigyeléseket is. Ehhez házilag is előállíthatunk például a lakóhelyükön használható csillagtérképeket. Ennek egy eszköze lehet az Earth Centered Universe nevű program, ami a



118. ábra: Az ECU kezelőfelülete

<http://www.nova-astro.com> oldalról tölthető le. Kiválaszthatjuk megfigyelő helyünket a Föld bármely pontján, a program bemutatja, mit látunk az égen egy általunk megadott pillanatban. A fényesebb csillagok mellett láthatjuk a csillagképek, holdak, bolygók és üstökösök helyét is. Lehetőség van csillagtérkép nyomtatására, amiből például a szakkörön minden tanuló elkészítheti magának az esti megfigyelésekhez használható, saját lakóhelyére érvényes csillagtérképét. A szakkörnek fontos szerepe lehet a diákok különböző versenyekre való felkészülésben vagy akár a pályaválasztásban is segítheti őket a csillagász szakma iránti érdeklődés felkeltésével.⁶²

⁶² <http://astro.u-szeged.hu/szakdolg/bozsoz/bozsoz.html>

XII Ábrajegyzék

1. ábra: Stonehenge rekonstrukciós rajza a nyári napforduló idején.....	5
http://news.bbc.co.uk/nol/shared/spl/hi/uk/06/stonehenge/img/stonehenge_416.gif	
2. ábra: Stonehenge napjainkban	5
3. ábra: Newgrange.....	6
http://www.fokusz.info/Image/67._szam/newgrange1.jpg	
4. ábra: A téli napfordulókora a sírba besütő nap fénye.....	6
http://www.freewebs.com/solacehome/newgrange.jpg	
5. ábra: A gízai piramisok	7
http://www.richard-seaman.com/Wallpaper/Travel/MiddleEast/GizaPyramids1.jpg	
6. ábra: A piramis-orion teória "bizonyítéka"	7
http://circulartimes.org/ORBps700.jpg	
7. ábra: Egy zikkurat rekonstrukciós rajza	7
http://www.braasch-megalith.de/docu0165-Zikkurat.jpg	
8. ábra: A Csigaház rekonstrukciós rajza	8
http://csillagaszattortenet.csillagaszat.hu/files/images/egyetemes_csill/barlaikatalin/20080106_maja_csillagaszat_5.jpg	
9. ábra: A Csigaház napjainkban	8
http://www.visitchichen.com/fotos/foto_6.jpg	
10. ábra: A delhii Jantar Mantar	9
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/aa/Jantar_Mantar_Delhi_27-05-2005.jpg	
11. ábra: A jaipuri Jantar Mantar.....	9
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3f/Jantar_Mantar_at_Jaipur.jpg	
12. ábra: A pekingi régi obszervatórium egy XVII. századi rajzon	10
http://www.pd.astro.it/oapd/images/testo/Beijing_Observatory.jpg	
13. ábra: A pekingi régi obszervatórium napjainkban.....	10
http://hua.umf.maine.edu/China/astronomy/tianimage/0042H_outside6342w.jpg	
14. ábra: A szamarkandi obszervatórium rekonstrukciós rajza.....	11
http://depts.washington.edu/silkroad/cities/uz/samarkand/obser4.jpg	
15. ábra: A szamarkandi obszervatórium napjainkban.....	11
http://www6.worldisround.com/photos/5/220/232.jpg	
16. ábra: Az obszervatórium kvadránsa	11
http://www.advantour.com/img/uzbekistan/samarkand/ulugbek-observatory.jpg	
17. ábra: A csillagvizsgáló keresztmetszete egy 17. századi rajzon.....	12
http://iqdepo.hu/dimenzio/20/koppen.jpg	
18. ábra: A csillagvizsgáló napjainkban.....	12
http://www.dankuna.com/blog/wp-content/uploads/2008/05/copenhagen_rundetarn.jpg	
19. ábra: A mannheimi obszervatórium szerkezete (épült 1772-74 között).....	12
http://en.wikipedia.org/wiki/File:SternwarteMannheim.jpg	
20. ábra: A mannheimi obszervatórium napjainkban.....	12
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sternwarte_in_Mannheim.jpg	
21. ábra: A Redcliffe Obszervatórium Oxfordban (épült 1772-1794 között)	12
http://www.maths.ox.ac.uk/system/files/imce/u7/Observatory-South-Facade.png	
22. ábra: A berlini Királyi Obszervatórium épülete (1832).....	13
23. ábra: A Georgetown Egyetem (Washington, USA) csillagvizsgálója.....	13
http://static.zoomr.com/images/4857641_c364f7e089.jpg	
24. ábra: A nizzai obszervatórium.....	13
http://www.kinglyheirs.com/Vacations/images/NiceObservatory.jpg	
25. ábra: A victoriái (Kanada) Dominion Obszervatórium (1918)	13

http://www.victorialodging.com/files/images/attraction/plaskett-telescope.gif	
26. ábra: Az ondrejovi (Cseho.) obszervatórium.....	13
27. ábra: A pulkovoivi (Oroszo.) obszervatórium.....	13
http://www.ing.iac.es/PR/press/2002wht6.jpg	
28. ábra: William Herschel Teleszkóp (Kanári-szk.)	13
http://www.ing.iac.es/PR/press/2002wht6.jpg	
29. ábra: A Keck obszervatórium (Hawaii, USA).....	13
30. ábra: A Magellán teleszkópok (La Serena, Chile).....	14
31. ábra: A Paranal hegyi (Chile) VLT távcsövek kupolái	14
32. ábra: Az Apache Point Obszervatórium (Új Mexikó, USA) SDSS távcsöve	14
http://www.sdss.org/photos/98_666.web1.jpg	
33. ábra: A bajai obszervatórium.....	14
http://icsip.elte.hu/~kissz/ter6as/Bajaobs1.jpg	
34. ábra: A Hawaii-i Mauna Kea obszervatóriumai	15
http://www.ifa.hawaii.edu/mko/	
35. ábra: La Palma Obszervatórium a Kanári szigeteken.....	15
http://ro.uwe.ac.uk/FileStore/HomePages/HomePage4/La_Palma_telescopes.jpg	
36. ábra: Lakókocsira épített félgömb alakú kupola.....	15
37. ábra: Kertben felállított egyszerű kupola.....	15
http://www.astro-sharp.com/images/dome/keith_dome_800.jpg	
38. ábra: Lakóház csillagvizsgálóval (Kalifornia, USA).....	15
http://archinspire.com/wp-content/uploads/2009/03/modernhouseobservatorydome1.jpg	
39. ábra: Corona Borealis Magáncsillagvizsgáló (Győrújbarát)	15
http://kereszty.csillagaszat.hu/dome/ref/cbo01.jpg	
40. ábra: Eltolható háztető (Dabas)	16
41. ábra: Eltolható tetejű kerti obszervatórium (Hegyhát)	16
42. ábra: Az Einstein torony Potsdamban (Némo.).....	17
http://deserti.altervista.org/immagini/costruzmacchin/EinsteinturmPotsdam.jpg	
43. ábra: A Svéd Napteleszkóp a Kanári szigeteken	17
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Swedish_Solar_Telescope.jpg	
44. ábra: Wilson-hegyi naptorony (Los Angeles, USA)	17
http://astro.elte.hu/~kris/napfiz/naptavcso.pdf	
45. ábra: A Peking melletti Huairou Obszervatórium	17
http://astro.elte.hu/~kris/napfiz/naptavcso.pdf	
46. ábra A debreceni Napfizikai Obszervatórium	17
http://fenyi.sci.klte.hu/deb_obs2.jpg	
47. ábra: Jansky rádió antennájának a másolata	18
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/19/Jansky_Karl_radio_telescope.jpg	
48. ábra: Grote Reber rádióteleszkópja	18
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Grote_Antenna_Wheaton.gif	
49. ábra: Az arecibo-i rádiótávcső	19
http://www.telefonica.net/web2/efellorca/Arecibo.jpg	
50. ábra: A Ratan 600 rádióteleszkóp.....	20
http://w0.sao.ru/hq/lrs/Rris/DSC01299b.JPG	
51. ábra: A Green Bank-i rádióteleszkóp	20
http://en.wikipedia.org/wiki/File:GBT.png	
52. ábra: A Nagy Fül	21
http://www.naapo.org/W8JK/Images/BigEar-l.jpg	
53. ábra: A WOW jel.....	21
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Wow_signal.jpg	

54. ábra: A VLA rádióteleszkóp rendszer	21
http://icc.ub.edu/images/vla2.jpg	
55. ábra: A VLBA rendszer elhelyezkedése.....	22
http://en.wikipedia.org/wiki/File:VLBA.jpg	
56. ábra: A VLBA keleti "vége", azaz az utolsó antenna a Virgin szigeteken.....	22
http://en.wikipedia.org/wiki/File:VLBA_St_Croix-04.jpg	
57. ábra: Az ALMA tervei.....	22
http://behance.vo.llnwd.net/profiles/58313/projects/58610/583131202316135.jpg	
58. ábra: A szoláris neutrínók energiaspektruma, illetve a különböző energiájú neutrínókat kimutató kísérletek	23
59. ábra: Raymond Davis és detektora 1999-ben.....	24
http://www.sciencetech.technomuses.ca/francais/whatson/pdf/sno/img/sno_page_06c.jpg	
60. ábra: A Cserenkov sugárzás	25
61. ábra: A Super Kamiokande detektor felépítése	26
62. ábra: A Super Kamiokande karbantartása	26
http://www-tc.pbs.org/wgbh/nova/neutrino/images/dete-superk.jpg	
63. ábra: A Gran Sasso Neutrínó Observatórium elhelyezkedése	26
http://www.tphys.physik.uni-tuebingen.de/muether/faessler/Image210.jpg	
64. ábra A GALLEX detektora	26
http://icecube.wisc.edu/info/neutrinos/images/gallex.jpg	
65. ábra: Az SNO felépítése	27
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sudbury_Neutrino_Observatory.artist_concept_of_detector.jpg	
66. ábra: Az SNO detektora.....	27
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/Sudbury_sno.jpg	
67. ábra: A Bajkál tavi kísérlet felépítése.....	28
68. ábra: A neutrínódetektor egy darabjának kiemelése.....	28
http://nuastro-zeuthen.desy.de/sites/site_nuastro/content/e13/e45/e213/bai_eng.gif	
69. ábra: Fúrás a Déli sark jegébe.....	28
http://www.phys.ncku.edu.tw/~astrolab/mirrors/apod/image/0308/abyss_amanda_big.jpg	
70. ábra Az AMANDA méretei.....	28
71. ábra: A nagyszombati matematikai torony hosszmetsete, és az egyes emeletek.....	29
http://astro.elte.hu/astro/hun/konyvtar/padeu/padeu_vol_16/padeu_vol16_bartha.pdf	
72. ábra: Az egri líceum és a csillagvizsgáló tornya	29
http://www.eger.hu/Portals/0/Turizmus/Liceum.jpg	
73. ábra: A budavári királyi palota a XVIII. század végén	30
http://www.mult-kor.hu/attachments/15393/budai.jpg	
74. ábra: A gellérthegyi csillagda az 1840-es években	30
http://csillagaszattortenet.csillagaszat.hu/files/images/magyar_csill/rezsabeknandor/gellert-hegy/gellerthegyi%20csillagda_terv_1840evек.jpg	
75. ábra: Az ógyallai csillagvizsgáló napjainkban	31
http://csillagaszattortenet.csillagaszat.hu/files/images/magyar_csill/rezsabeknandor/ogyalla/img_0593.jpg	
76. ábra: A svábhegyi csillagvizsgáló fő kupolája	32
http://www.otka.hu/images/ups/1373.jpg	
77. ábra: A piszkéstetői obszervatórium.....	33
http://farm2.static.flickr.com/1199/770297649_94ae6c731e.jpg?v=0	
78. ábra: Az SZTE csillagvizsgálója 1992-ben	33
http://www.astro.u-szeged.hu/alapitvany/szobs1.gif	
79. ábra: Az antikytherai mechanizmus	34

http://onter.net/art/antikythera_mechanism.jpg	
80. ábra: John Roweley szerkezete.....	34
http://www.sciencemuseum.org.uk/images/object_images/535x535/10308815.jpg	
81. ábra: Adam Olearius éggömbje.....	35
http://www.boingboing.net/images/foerlsphereew.jpg	
82. ábra: Eise Eisiga planetárium.....	35
http://www.oobject.com/mechanical-planetary-models/eisinga-planetarium/1243/	
83. ábra: A világ első projekciós planetárium.....	36
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/2/21/ZeissMark1.jpg	
84. ábra: A budapesti planetárium.....	36
http://www.planetarium.hu/Webkepek/Muszerssharp.jpg	
85. ábra: A pekingi digitális planetárium.....	36
http://news.xinhuanet.com/english/2008-07/13/xinsrc_582070513110196824536.jpg	
86. ábra: Felfújható kupola.....	37
http://www.digitaliseducation.com/images/dome2-open.jpg	
87. ábra: A jénai planetárium.....	37
http://www.sydneyobservatory.com.au/blog/wp-content/uploads//2008/10/jena-planetarium.jpg	
88. ábra: A Hayden planetárium (New York, USA) este.....	37
http://www.pbase.com/image/20774972.jpg	
89. ábra: Előadás a planetáriumban.....	38
http://www.belfoldiutazas.hu/images/photo/31731/1-317315-0d8d857704b.jpg	
90. ábra: A TIT budapesti planetáriumának épülete.....	38
http://www.belfoldiutazas.hu/images/photo/31731/1-317315-e0ab1a5c45b.jpg	
91. ábra: A kecskeméti planetárium épülete.....	39
http://plani.csillagaszat.hu/files/images/gallery_middle/20030319_kecsplan_11.jpg	
92. ábra Planetárium az egri "Varázstoronyban".....	39
http://hirek.csillagaszat.hu/files/images/2008/05/20080501-varazs1.jpg	
93. ábra: A pécsi planetárium.....	39
http://hirek.csillagaszat.hu/files/images/2008/11/20081106_planetarium1.jpg	
94. ábra: A pécsi planetárium bontása.....	39
http://hirek.csillagaszat.hu/files/images/2008/11/20081106_planetarium2.jpg	
95. ábra: Amerikai összeszerelő csarnok.....	40
http://image.examiner.com/images/blog/wysiwyg/image/vab2.jpg	
96. ábra: Kínai összeszerelő csarnok.....	40
97. ábra: Francia összeszerelő csarnok.....	40
http://en.wikipedia.org/wiki/File:CSG_-_BIF.JPG	
98. ábra: A korolyovi irányítóközpont.....	41
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/Russian_Mission_Control_Center.jpg	
99. ábra: Bajkonur indítóállás.....	42
100. ábra: Cape Canaveral rakétaindító telep.....	42
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/17/Cape_Canaveral_Air_Force_Station.jpg	
101. ábra: Az Ariane 4 rakéták indítóállása.....	43
http://en.wikipedia.org/wiki/File:CSG_Ariane_4_Launch_Site.JPG	
102. ábra: Shen Zhou rakéta indítása.....	43
http://english.people.com.cn/200510/09/images/s1.jpg	
103. ábra: centrifuga Csillagvárosban.....	44
http://www.maxdereta.com/sci/785.jpg	
104. ábra: Szerelési munkálatok gyakorlása medencében (Csillagváros).....	44

http://www.maxdereta.com/sci/42.jpg	
105. ábra: Tengeri indítás	45
http://www.sea-launch.com/mission_directv-11/gallery/img_scr/dtv11-wide.jpg	
106. ábra: A START -1 rendszer.....	45
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Start_moving_to_launch_big.jpg	
107. ábra: A Columbia Egyetem (USA) egykori gömb napórája.....	46
http://calendar.columbia.edu/sundial/images/historical/ForHistoryPage/SunBallNorth_web2.jpg	
108. ábra: Horizontális napóra Brookside Botanikus Kertben (USA)	46
http://www.wsanford.com/~wsanford/exo/sundials/md/wheaton/BGMD_MVC-001F3.jpg	
109. ábra: Vertikális napóra Württembergben (Németo.)	46
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/Amstetten_W%C3%BCrttemberg_Laurentiuskirche_Sonnenuhr_2008_10_11.jpg	
110. ábra: Egyenlítői napóra Chicagóban (USA).....	46
http://www.wherry.com/photos/2001-04-29-chicago/DSCN1215-m.jpg	
111. ábra: Félgömb alakú napóra (Korea).....	46
http://lh5.ggpht.com/_KISSuKOlb_M/SBwOZatP-JI/AAAAAAAAEbs/Q07i0Txy5Lc/IMG_1867.JPG	
112. ábra: Napóra, mint köztéri alkotás Dunaújvárosban	46
113. ábra: A kaliforniai Napórahíd.....	46
114. ábra: A napóra mint reklámhordozó egy pécsi ház falán	47
115. ábra: A napóra mint szobor egy amerikai golfklubban	47
116. ábra: A Stellarium kezelőfelülete	51
117. ábra: Az ECU kezelőfelülete	52

XIII. Felhasznált irodalom

Herrmann, Joachim: Atlasz Csillagászat, Athenaeum 2002

Herrmann, Joachim: SH atlasz Csillagászat, Springer 1996

Schalk Gyula: Planetárium és csillagászat, Budapest 1977

Almár Iván, Both Előd, Horváth András, SH atlasz – Űrtan, Springer Verlag 1996

Internet

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Szatmáry Károlynak a rengeteg segítségért és türelméért, melyet a dolgozat elkészítése során kaptam tőle.

Nyilatkozat

Alulírott Kurucz Zoltán fizika-történelem szakos hallgató, kijelentem, hogy a szakdolgozatban foglaltak saját munkám eredményei, és csak a hivatkozott forrásokat (szakirodalom, eszközök, stb.) használtam fel.

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

aláírás

Szeged, 2009. május 15.