

A CSILLAGÁSZAT TÖRTÉNETE KÉPEKBEN

Rendhagyó szemléltetés

Nyiraláskor vagy külföldi utazás során szokás volt üdvözlő képeslapokat küldeni rokonoknak, barátoknak. Napjainkban azonban a levelezőlap kezd kimenni a divatból – jó, ha a turisták által látogatott nevezetességek környékén még kaphatók. Ám képeslapot nemcsak híres épületekről és szép tájakról lehet kiadni, hanem bármi másról is, igaz, nem feltétlenül azért, hogy a hátlapját megcímezve üdvözletet küldjenek rajta.

Kisiskolás korom óta szenvedélyesen gyűjtöm a levelezőlapokat. A képek nemcsak a földrajzi ismeretek gyarapításához járulnak hozzá, hanem az általános műveltség bővítéséhez is. Kedvenc témáim közé tartoznak a légi felvételeket, térképeket, közlekedési eszközöket, növényeket, állatokat, hangszereket, vízvezetéseket, barlangokat, színházakat stb. ábrázoló képes levelezőlapok. Szándékosan említettem külön a számomra legkedvesebb témát: szakmám miatt hozzám legközelebb a csillagászati és űrkutatási témájú képeslapok állnak. Ebben a cikkben rendhagyó módon úgy tekintjük át a csillagászat történetét az ókortól napjainkig, hogy szemléltetésül kizárólag a gyűjteményemben levő képeslapok szolgálnak, és azok közül is csupán olyanok, amelyek hátoldalán nem szerepel a reprodukcióra vonatkozó tiltás.

A csillagászat kezdetei

A csillagászat a legősibb tudomány. Évezredekkel ezelőtt nappal a Nap, éjjel a csillagok égi mozgásának megfigyelése alapján mérték az időt, és az utazók, hajósok is ennek alapján tájékozódtak. Az égbolt és a csillagok fontosságát jelzi VI. Ramszesz fáraó (uralk. Kr. e. 1145-1137) Királyok Völgyében feltárt sírkamrájának mennyezetén

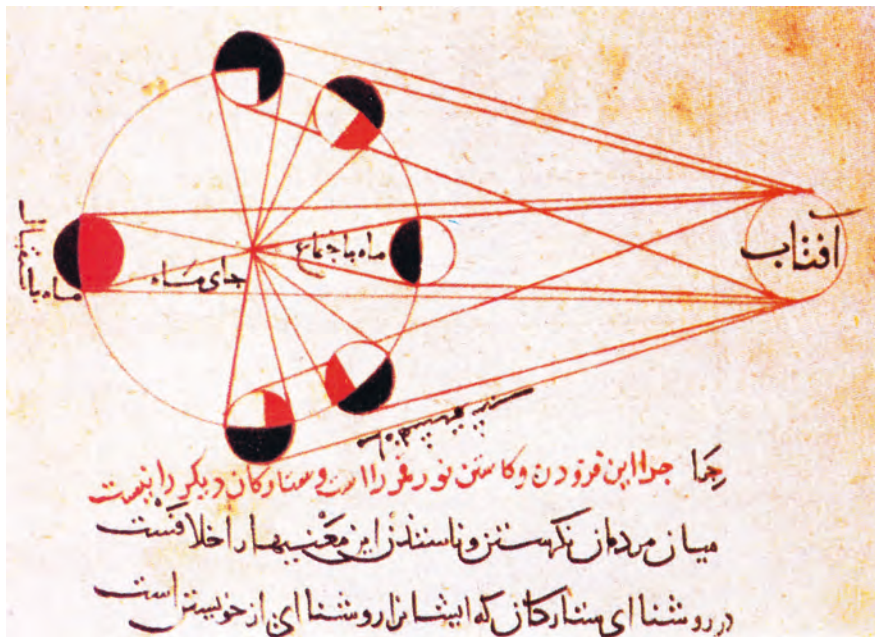
látható festmény is (**nyitókép**). Az Kr. e. XII. században készített képet Nut, az égbolt istennője övezi. Testét csillagok borítják, keze és lába a földet éri, mintha a szabad ég alatt a horizonttól elemelkedő, magasra ívelő, majd az ellenkező oldalon alábukó Tejutat látnánk.

Az égbolthoz fűződő hiedelemvilág mellett a csillagászati megfigyeléseket gyakorlati célra is használták az ókorban. A mai Mexikó és Guetamala területén élt maja civilizáció tudósai az Kr. u. IV–X. században már naptárkészítéssel is foglalkoztak. Az **1. ábrán** látható naptárrészleten jól azonosíthatóak a maják által használt számok: az 1-nek egy pont felel meg, egymás melletti két pont jelöli a 2-es számot, három pont a 3-at, négy pont a 4-et, míg az 5-nek vízszintes vonalka felel meg. A 6 jele egy pont a vonalka fölött, a 7 két pont a vonalka fölött stb. A 10-es számot egymás fölötti két párhuzamos vonalkával ábrázolták. Egy-egy vonalka tehát mindig 5-nek felel meg.

Szabad szemmel végzett megfigyeléseik alapján az ókori görög és arab tudósok meglepően magas szintre emelték a csillagászat tudományát. Felismerték, hogy az egymáshoz képest mozdulatlan állócsillagok között néhány fénypont – bolygócsillag, mai nevén bolygó – folyamatosan mozog. Követték a Nap és a



1. ábra. Maja naptár egy oldala. A mitológiai és csillagászati tartalmú kézirat eredetijét a drezdai Sächsische Landesbibliothek őrzi



2. ábra. A Hold fázisainak létrejöttét magyarázó ábra Al-Biruni At-Tafhím című művében. A képeslapot a Mozgó Világ folyóirat adta ki

bolygók pályáját az égen, és kimutatták a precesszió jelenségét is. Ez utóbbit a Föld forgástengelyének folyamatos irányváltozása okozza, még bonyolultabbá téve az égbolton tapasztalható mozgásokat.

Az ókori természetvizsgálók egyik legkiemelkedőbb alakja a perzsa Al-Biruni (973–1048) volt, akinek csillagászati kézikönyve és táblázata az európai tudomány fejlődésére is nagy hatással volt (2. ábra).

A műszerezettség tökéletesítése

A csillagászati megfigyelés évszázadokon át pozíciómérésből állt: a csillagok és bolygók helyzetét határozták meg a hozzájuk közel látszó más égitestekhez viszonyítva. Ehhez eleinte kezdetleges műszereket használtak: előbb irányvonalzót, majd egyre pontosabb eszközök – kvadráns, oktáns – is bekerültek a

3. ábra. Asztrolábium a XVI. századból (a Damaszkuszi Múzeum gyűjteményéből)



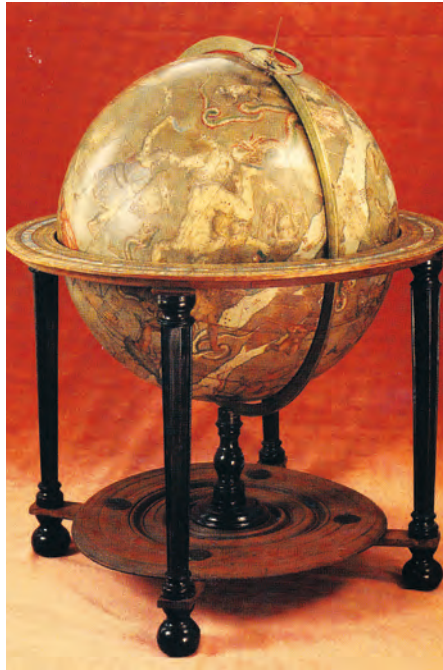
4. ábra. Különleges jelenség észlelése 1583-ban. A prágai Strahovská Knihovában őrzött fametszetről a Mozgó Világ adott ki



5. ábra. Paul Reinmann nürnbergi műszerkészítő mester elefántcsontból készített napórája 1602-ből. A mestermű a milánói Museo Poldi-Pezzoli gyűjteményét gazdagítja. Ezt a képeslapot is a Mozgó Világ adta ki



6. ábra. Jean-Dominique (eredetileg Giovanni Domenico) Cassini portréja Léopold Durangel – egy XVII. századi metszet alapján – 1875-ben készített festményén. A képeplapot a NASA adta ki a Szaturnusz és holdrendszerét vizsgáló Cassini-űrszonda indításakor egy képeplapsorozat részeként. Az űrszondát azért Cassiniról nevezték el, mert ő fedezte fel a Szaturnusz négy nagy holdját, és ő írta le először a Szaturnusz gyűrűjében látható legfeltűnőbb rést



7. ábra. Blaeu-féle éggömb 1630 tájáról az Országos Széchényi Könyvtár által kiadott képeplapon. A műkincsnek is beillő csillagászati eszköz az OSZK Reguly Antal Műemlékkönyvtárában van kiállítva Zircen

A csillagászat történetében új korszak kezdődött a távcső feltalálásával. Az éjszakai égbolt távcsöves megfigyeléseit elsőként Galileo Galilei jegyezte le és hozta nyilvánosságra 1609–1610-ben. Az ő távcsöve is becses múzeumi tárgy, amiről több képeplapot is kiadtak, de azok utánközlése engedélyköteles. Így a XVII. századi kezdetleges csillagászati távcsövek közül itt egy másikat mutatunk. A **6. ábrán** Jean-Dominique Cassini (1625–1712) portréja látható, kezében távcsövével, mellette egy éggömb, a háttérben pedig a Párizsi Observatórium, amely Cassini irányítása alatt vált korának vezető csillagvizsgálójává. Az épület tetején egy jóval nagyobb teleszkóp körvonalai is kivehetők.

A Cassini melletti éggömb alig látszik, ezért egy másikat is mutatunk, ezt a pazar példányt Willem Janszoon Blaeu holland térképész készítette az 1630-as években (**7. ábra**). Az éggömböknél a csillagok helyének pontossága mellett a csillagképek művészi igényű ábrázolása is lényeges szempont.

szögmérés eszköztárába. Az asztrólabium nevű műszerrel (**3. ábra**) pedig bizonyos csillagászati számításokat lehetett gyorsan elvégezni a Nap, a Hold és a bolygó égbolton látszó helyzetére vonatkozóan.

A távcső feltallását, illetve Johannes Kepler és Isaac Newton elméleti munkásságát megelőzően szinte semmit nem tudtak az égbolton látható mozgások és jelenségek okairól. Az **4. ábrán** bemutatott metszet egy 1583-ban észlelt különleges égi jelenséget örökít meg. A korabeli észlelők valójában halót figyeltek meg a Nap körül, sőt nem is egyet, hanem egész halórendszert. Bár a haló is az égen látszik, igazából nem csillagászati, hanem légköroptikai jelenség: a melléknapokat és a fényes gyűrűket, íveket a magaslégkörben képződő jégzemcsék optikai viselkedése okozza.

Az égi mozgások leírásához nemcsak pontos szögmérésre volt szükség, hanem az időt is egészen precízen kellett tudni. Az időmérés pontosítását valójában nem a hétköznapi igények tették szükségessé, hanem a tudományos célú csillagászati pozíciómérések. A mechanikus óra feltalálását megelőzően nappal napórával mérték az időt, éjszaka pedig a csillagos ég elfordulásával. A hordozható napórák egy szép példánya látható az **5. ábrán**.

A XVII–XVIII. században a csillagászat tudományát leginkább Európában művelték. Az egyre jobb minőségű optikai lencsékkel, majd tükrökkel felszerelt távcsövek fontos felfedezésekhez vezettek. Az újabb bolygók, azok holdjai, a Tejút mentén vagy attól távolabb levő csillaghalmazok és az akkor még ismeretlen természetű ködösségek megtalálásában elsősorban francia, angol és német csillagászok jeleskedtek. Európán kívül a csillagászat csak a XIX. században indult fejlődésnek. Anakronizmusnak tűnhet, de a megkésett fejlődést jól szemlélteti, hogy az indiai Új-Delhiben található, ókorinak látszó obszervatóriumot 1724-ben építették (**8. ábra**). Teleszkópok helyett itt szögmérésre szolgáló monumentális eszközök és napórák találhatók.

Ugyancsak lassan kopott ki a csillagászat eszköztárából a több mint másfél évezreden át használt armilláris szféra (**9. ábra**). Az elsőként Eratoszthenész által Kr. e. 255-ben készített armilláris gömbön és annak újabb változatain a körgyűrűk az égbolt legfőbb köreinek (ekliptika, egyenlítő, horizont, meridiánok) felelnek meg, a szögmérést pedig a gyűrűkön levő skálabeosztás segíti elő.



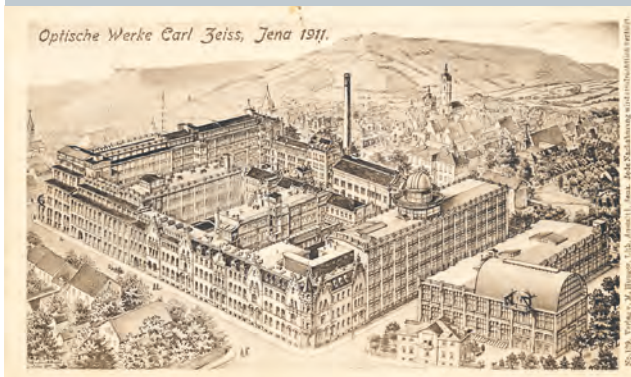
8. ábra. A Jantar-Mantar Obszervatórium Új-Delhiben. A hatalmas építményekkel végezhető csillagászati mérések pontosságára jellemző, hogy a napórával az időt 2 másodperces hibával lehet megállapítani

9. ábra. 1730-ban készített armilláris szféra az Országos Műszaki Múzeum gyűjteményéből



10. ábra. Üstökösök keresésére szolgáló távcső a XIX. század közepéről az Országos Műszaki Múzeum gyűjteményében

11. ábra. A világhírű jénai Zeiss-művek egy 1911-ben kiadott képes levelezőlapon



A távcsövek egyeduralkodóvá válnak

Az égbolt első távcsöves megfigyelései óta négy évszázad telt el. Emlékezetes, hogy az ENSZ 2009-et a csillagászat nemzetközi évének nyilvánította Galilei 1609-ben végzett első észleléseire emlékezve. Galilei kezdetleges távcsövet hamar követték a nagyobb átmérőjű, jobb minőségű optikai elemeket tartalmazó teleszkópok. Először csak lencsés távcsövek (refraktorok), majd a XVIII. századtól tükrös távcsöveket (reflektorokat) is készítettek. Ez utóbbiaknak több előnyük is van a refraktorokhoz képest: nagyobb átmérőjű lehet a teleszkóp (azaz több fényt lehet összegyűjteni, így halványabb égitestek is vizsgálhatók), és rövidebb lehet maga a távcső, mint a refraktorok esetében, megfelelő optikai elrendezést alkalmazva. (Vessünk még egy futó pillantást a **6. ábrán** a festmény háttérében látható igen hosszú refraktorra!)

A XIX. században már jeles optikai műhelyekben készítették a távcsöveket (nemcsak csillagászati célokra). A **10. ábrán** bemutatott példány 1847 körül készült el, és üstökösök keresésére alkalmazták. A csillagászati távcsöveknél nemcsak az optikai elemek minőségére és csiszolásának tökéletességére kell ügyelni, a távcsőmechanika minősége és pontossága legalább ennyire lényeges.

Több mint egy évszázada az egyik leghíresebb távcsőkészítő cég a német Zeiss-művek. A **11. ábra** a Karl Zeiss Jena gyárépületét mutatja egy 1911-ben kiadott képes levelezőlapon. Szinte hihetetlen, hogy már akkor milyen hatalmas üzemben folyt a termelés. A kép jobb oldalán az épület tetején látható az a kupola, amelyben az újonnan elkészült csillagászati távcsöveket összeszerelés után kipróbálták. A Piszkestetői Obszervatórium első három teleszkópját is a jénai Zeiss készítette, de azok már a teleszkópok újabb (1960–1970-es évekbeli) generációját képviselik.

A XX. század kezdetére véget ért Európa egyeduralkodó szerepe a csillagászatban. Észak-Amerikában sorra alapítottak obszervatóriumokat az éjjeli ég megfigyelésére, és azokat egyre nagyobb átmérőjű távcsövekkel szerelték fel. Egy évszázada a Wilson-hegyi 2,5 méter átmérőjű Hooker-távcső volt a világrekorder, de az 1940-es évek második felében a Palomar-hegyi 5 méteres Hale-teleszkóp lett a legnagyobb optikai távcső. Amerikában kezdeményezték azt is, hogy az Egyenlítőtől délre telepítsenek csillagászati távcsöveket, hogy olyan égitesteket is észlelni lehessen, amelyek az északi féltekéről nem látszanak, köztük a két Magellán-felhőt (a Tejútrendszer legnagyobb kísérőgalaxisát), illetve magát a Tejútrendszer központi vidékét.

Hogy hogyan nézett ki a XX. század közepén egy tipikus csillagvizsgáló, azt a **12. ábra** mutatja. A Kaliforniai Egyetemhez tartozó Lick Obszervatórium a kaliforniai

Hamilton-hegyen található, és a felvétel készítésekor, az 1960-as évek elején a legnagyobb műszer egy 3 méter tükörrátmérőjű távcső volt (a kép előterében látható kupolában).

Az egyre nagyobb méretű távcsőtükrök készítése természetesen egyre nehezebb feladat műszaki szempontból. A hagyományos megoldás során a tükröt egyetlen tömbből öntik, majd megfelelő alakúra csiszolják, mint a kanadai David Dunlap Obszervatórium **13. ábrán** látható 1,9 méteres távcső főtükre esetében. A legutóbbi évtizedekben készített óriástávcsövek esetében azonban már felhagytak ezzel a megoldással, helyette több (olykor egészen sok) szegmensből állítják össze a főtükröt, és számítógéppel illesztik össze az egyes tükörszegmensek alkotta képet.

Túl (és innen) a látható fényen

A látható fény valójában az elektromágneses sugárzás keskeny (nagyjából 400 és 600 nm közötti hullámhosszak) tartománya, amelyre az emberi szem is érzékeny. A kozmoszból azonban minden más hullámhosszon is érkezik sugárzás, ám a földi légkör az elektromágneses színek bizonyos részeit elnyeli. A látható fényen kívül a földfelszínről csak a kozmoszból érkező rádióhullámok egy része és az infravörös sugárzás néhány keskeny tartománya vizsgálható (ez utóbbi csupán nagyon száraz klímájú, magas hegyekről).

Az elektromágneses színek csillagászati kiaknázásában – az évezredek óta létező optikai csillagászat mellett – a rádiócsillagászat kialakulása jelentette a következő lépést. A rádiócsillagászat a II. világháború után indult gyors fejlődésnek. 1963-ban készült el a **14. ábrán** látható arecibói rádióteleszkóp, amely 305 méteres átmérőjével fél évszázadon át a világ legnagyobb rádióantennája volt (2016-tól már egy 500 m átmérőjű kínai rádióteleszkóp tartja a rekordot).

A kozmoszból érkező elektromágneses hullámok többsége viszont elnyelődik a Földet burkoló atmoszférában. Az optikainál rövidebb hullámhosszú ibolyántúli, röntgen- és gammasugárzás és a látható fénynél hosszabb hullámhosszú infravörös és mikrohullámú elektromágneses sugárzás zavartalan vizsgálatához az érzékelőket a légkör fölé kell vinni. Az űrcsillagászat így csak bő fél évszázaddal ezelőtt jöhetett létre, amikor az emberiség képessé vált mesterséges holdak és űrszondák felbocsátására.

Az Univerzum legalacsonyabb hőmérsékletű régiói és égitestjei főként az infravörös tartományban sugároznak. A **15. ábrán** a NASA amerikai űrügynökség által felbocsátott Spitzer-űrszervatórium egy szép felvétele látható a Cepheus csillagképben levő Elefántormány-ködről.



12. ábra. A kaliforniai Lick Obszervatórium az 1960-as évek elején

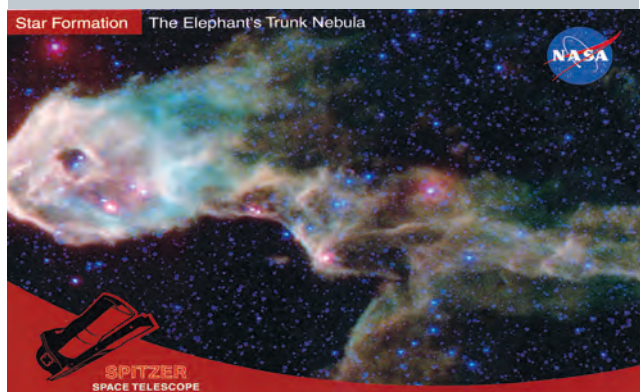


13. ábra. A Toronto melletti David Dunlap Obszervatórium 1939-ben elkészült 1,9 méter tükörrátmérőjű teleszkópja



14. ábra. Az Univerzumból érkező rádiósugárzást észleli a világ leghíresebb rádióteleszkópja. A 305 méter átmérőjű műszert egy természetes völgykatlanban alakították ki Arecibóban (Puerto Rico)

15. ábra. Infravörös tartománybeli felvétel az Elefántormány-ködről. A képeslap a Spitzer-űrszonda eredményeit népszerűsíti.
(Forrás: NASA/JPL-Caltech/W. Reach [SSC/Caltech])





16. ábra. A Cassiopeia A szupernóva-maradványa a NASA Chandra-röntgenobszervatóriumát népszerűsítő képeslapsorozat egyik tagján. A nagy képen levő felvétel 2002-ben készült (Forrás: NASA/CXC/GSFC/U. Hwang és munkatársai). A bal oldalon levő kisebb képek ugyanezt a ködösséget mutatják 1999 és 2004 között készített röntgenfelvételeken

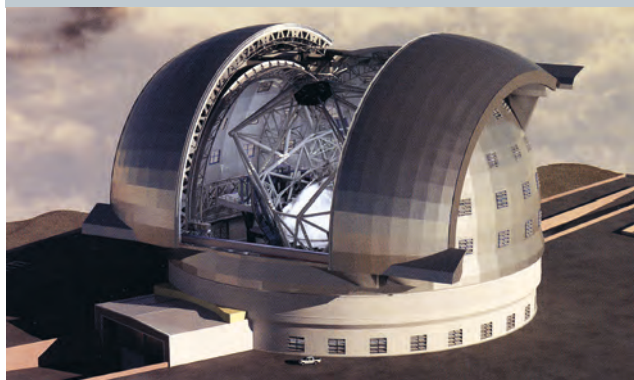


17. ábra. Az ESA Hipparcos nevű asztrometriai űrszondája 1988-ban a földi laboratóriumi tesztek során. (Forrás: ESA 1997)

18. ábra. Extragalaxisok százai-ezrei a Hubble-űrtávcső 2004-es ultramélyvizsgálati felvételén. (Forrás: NASA/ESA/STScI/S. Beckwith és a HUDF-csoport)



19. ábra. A 40 méter átmérőjű E-ELT távcső és kupolája – egyelőre csak fantáziaképen, de valódi képeslapon. (Forrás: ESO)



Ez egy tőlünk mintegy 2500 fényév távolságban található csillagkeletkezési tartomány, ahol jelenleg is folyik a csillagok képződése.

A másik véglet, a legforróbb égitestek és kozmikus térségek a többi nagy energiájú jelenséggel együtt a röntgen- és gamma sugárzás tartományában vizsgálhatók. Jelenleg is számos űrszonda gyűjti az adatokat és végez kutatásokat ilyen hullámhosszakon. A NASA Chandra nevű űrobszervatóriuma például 1999 óta működik. A 16. ábrán az egyik látványos eredményéről készített képes levelezőlapot mutatjuk be. A nagy képen a Cassiopeia A néven ismert szupernóva-maradvány különböző röntgenhullámhosszakon végzett megfigyelései alapján készített hamisszínes kép látható. A központi csillag kb. 350 éve robbant fel szupernóvaként.

A világűrben működő csillagászati távcsöveket azonban nemcsak a Földről elérhetetlen hullámhossztartományok vizsgálatára vetik be, „Közönséges” optikai csillagászatot is művelnek a nem hagyományos feltételek közepette. Mivel az űrtávcsövek a földi légkörön kívül dolgoznak, az égitestek pozícióját nagyságrendekkel pontosabban meg lehet határozni, mint a nyugtalan légkörön áthatoló fénysugarak földfelszíni méréseiből. Az Európai Űrügynökség (ESA) már két űrszondát is felbocsátott szuperpontos asztrometriai mérések végzésére. A Hipparcos szonda 1989 és 1993 között végezte a pozícióméréseket, az újabb szonda, a Gaia 2014 óta működik. A 17. ábra a Hipparcos űrszondát mutatja az indítást megelőző földi tesztek során.

Ha űrtávcsőről esik szó, majdnem mindenkinek a Hubble-űrtéleszkóp neve ugrik be elsőként. Ez az 1990 óta működő csillagászati távcső viszonylag széles hullámhossztartományt vizsgál az ibolyántúlitól az infravörösig – benne a látható tartománnyal. A Hubble mérései alapján készített képeslapok vitathatatlanul a legszebbek közé tartoznak. A 2004-es ultramélyvizsgálati mező 18. ábrán bemutatott képén valamennyi fényforrás egy-egy távoli – akár tízmilliárd fényévre levő – galaxis.

Túl a múlton és a jelenen

A történetnek a jelennél véget kellene érnie, de a hagyományt felrúgva egy képeslap erejéig a jövőre is térjünk ki! Már készül egy minden eddigit felülmúló optikai távcső, az ELT (Extremely Large Telescope, rendkívül nagy távcső). A 39 méter átmérőjű főtükröt tartalmazó teleszkóp (19. ábra) a tervek szerint a következő évtized közepétől működik majd Chilében, az Európai Déli Obszervatórium egyik 3000 méter magasságban levő megfigyelőállomásán. A főtükröt majdnem 800 kisebb tükröszegmensből állítják majd össze.

SZABADOS LÁSZLÓ