

Galilei távcsövei

A csillagászat barátai ma már amatőrökön is sokkal tökéletesebb távcsövekkel vizsgálják az égitesteket, mint amilyenek Galileinek rendelkezésére állottak. Galilei korszakalkotó felfedezéseinek értékeléséhez ismernünk kell azokat az eszközöket, amelyek e nagy tudós kezében először irányultak az égbolt felé.

Nagyszerű alkalom erre a mostani, amikor Galileo Galilei születésének 400. évfordulóját ünnepli az egész világ.*

Szeretnénk volna a szűkszavú leírásokon túlmenően többet tudni Galilei távcsöveiről, de sem az életrajzokban, sem a távcső történetét ismertető könyvekben nem találtunk részletesebb leírást. A firenzei múzeumban őrzött távcsövek fényképét ismertük, de semmi közelebbi adat nem tájékoztatott bennünket a távcső hosszáról, az objektív és okulár méreteiről, valamint a vele elért nagyításokról. Csupán annyit tudtunk, hogy az első távcső 9–10-szeres, a későbbi pedig kb. 30-szoros nagyítású volt.

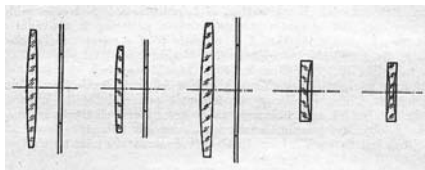
A Jenaer Rundschau 1962/6. számában August Sonnefeld, hivatkozással Vasco Ronchi adataira, részletesen közli Galilei távcsöveinek legfontosabb jellemzőit.

Azt is tudjuk, hogy a távcső objektívje egyszerű gyűjtő lencse volt, okulárja pedig negatív lencse, — hiszen az irodalomban azóta is az ilyen összeállítású távcsövet nevezzük Galilei-féle vagy hollandi távcsőnek.

Jól tudjuk azonban a gyakorlatból, hogy az egytagú objektív, amely voltaképpen hasonló a régi típusú szemüveglencsééhez, sokféle hibával terhelt. Leképezési hibát okoz a gömbi (szférikus) eltérés, mert a végtelenből érkező sugárnyaláb számára a perem gyűjtőtávolsága rövidebb, mint a középső részé, azonkívül a lencse a prizmahatás következtében az égitestek fényét színeire bontja, és az üveg törésmutatójától függően más

a vörös, a zöld és a kék színű sugaraknak a gyűjtőtávolsága. Ez a hiba is rontja a kép tisztaságát, minthogy az égitestek pereme színgyűrűvel koszorúzott. Újabb hibaforrást okozhat, ha az optikai felület görbületi középpontja nem esik egybe a távcső optikai középpontjával, ami abból származik, hogy a lencse pereme körben nem egyforma vastag, ha kismértékben is, de ék alakú. Ez a hiba a felület nem tökéletes megmunkálásával együtt újabb torzítások forrása. Márpedig a XVII. század elején, ha készítették is már szemüveglencséket, az optikai technológia még nem lehetett valami magas fokon.

Mi módon sikerült tehát Galileinek ezeket a hibaforrásokat úgy lecsökkenteni, hogy távcsöveinek segítségével meglássa a Hold felszíni alakzatait, a Vénusz sarlóját és a Jupiter holdjait, valamint a napfoltokat?



V. Ronchi az *Univero* c. lap 1923. IV. 10. számában közölte már a lencsék adatait és vizsgálatainak egyéb eredményeit, éppen ezért különös, hogy e régen közölt adatok nem terjedtek el kellőképpen.

A Ronchi-féle beszámoló három objektívről és két okulárról szól. Sajnos a legjobb lencse törött, de ennek jellemző adatait is sikerült megállapítani. A lencsék jellemző adatait következő táblázatunk közli.

Azonnal szembetűnik az objektívek vastagságainak kis értéke. A gyakorlati tapasztalat azt mutatja, hogy ilyen átmérő–vastagság viszony mellett a felület állandóságát biztosító megmunkálás igen körülményes. A lencsét megmunkálás közben ugyanis fel kell ragasztani, s ha az üveg vékony, rugalmassága miatt könnyen elhúzódik, deformálódik.

* Kulin György cikke a Csillagászati évkönyv 1964. évi kötetében jelent meg.

	F	R ₁	R ₂	n	D	d	v
I. objektív	132,7	99,55	346,5	1,58	5,1	2,0	0,25
II. objektív	95,6	53,5	5050,0	1,55	3,7	1,6	
III. objektív (törött)	168,9	94,16	1436,3	1,523	5,8	3,8	0,40
I. okulár	-9,52	∞	4,85	1,509	3,6	1,1	0,30
II. okulár	-4,88	5,15	5,15	1,527	1,7	1,6	0,18

A méretdatok centiméterben értendők, F = gyújtótávolság, R₁ és R₂ a görbületi sugarak, n = törésmutató, D = lencseátmérő, d = a használt fényrekesz (blende), v = a lencse vastagsága. A II. okulár teljes átmérője 2,2 cm, az 1,7 cm a megmunkált felületre vonatkozik

Csupán a III. objektív vastagsága elég jó, de még az is alatta marad a szokásos 1:10–1:7 arányoknak. Ennek megfelelően ugyanis ennek a lencsének is 6–8 mm vastagságúnak kellene lenni.

A kitűnően megmunkált egyszerű lencse képalkotásában is nagy szerepe van a törésmutatónak, illetve a színszórás mértékét kifejező ún. Abbe-számnak. E tekintetben az I. objektív a legkedvezőtlenebb. Színszórása eléri a flintüvegek színszórását, ami meg is nyilvánul e lencse erős színi hatásában. A II. objektív ebből a szempontból sokkal jobb. Az I. objektív feloldóképessége Ronchi vizsgálatai alapján 20", a másodiké 10". Az égitestek felszíni képződményeinek vizsgálatában ez az adat igen fontos. Minél kisebb a felbontás ívmásodpercekben kifejezett értéke, annál nagyobb felbontóképességről beszélünk, annál kisebb méretűek azok a tárgyak, amelyek a távcső elkülönítve mutat. A II. objektív maximálisnak vehető elméleti felbontóképességének 7"-nek kellene lennie a használt blendével számítva, s mint látjuk, igen közel áll a talált érték ehhez.

Képalkotás szempontjából a III. objektív a legjobb – amely sajnos törött állapotban van. Jóságát több tényező is magyarázza. Vastagsága ennek a legnagyobb, illetve az átmérő-vastagság viszony itt a legkedvezőbb a három közül. A megmunkálás folyamán fellépő deformáció veszélye itt volt a legkisebb. Ennek a lencsének törésmutatója, illetve színszórása a legkisebb, ami a színi hiba jelentéktelenségében nyilvánul meg. A két határoló felület görbületi sugarainak aránya a legideálisabb ahhoz, hogy a másik,

képalkotást rontó tényező, a gömbi eltérés minimális legyen.

A lencse törésmutatója alapján számított legkedvezőbb görbületi sugárarány 1:7 lenne, s itt 1:15, ami még mindig igen jó arány. Mint látjuk, nemcsak az objektív arányában, hanem a valóságban is itt a legnagyobb a blende nyílása, az átmérőnek $\frac{2}{3}$ része. A többinél a szűkítés mértéke sokkal nagyobb volt ahhoz, hogy használható képet lehessen kapni.

És valóban – ez volt az az objektív, amellyel Galilei a Jupiter-holdakat felfedezte.

Az egyszerű lencsék felületi megmunkálásában Galilei idejében még ismeretlen volt a Newton-színgyűrűn alapuló próbaüveges ellenőrzés, hiszen akkor még ezt a jelenséget sem ismerték. Ismeretlen volt az is, hogy a két görbületi sugár megválasztásának nagy szerepe van a szférikus aberráció értékében. Elgondolkodtató, hogy már akkor a felületeket különböző görbülettel készítették, mintha már sejtették volna ennek jelentőségét, ha a pontos összefüggéseket nem is ismerték.

Ha tekintetbe vesszük, hogy akkor még a törés törvénye sem volt pontosan megfogalmazva – akár az olasz optika fejlettségének, akár pedig Galilei optikai kísérletező zsenijének tulajdonítjuk is az eredményt – a görbületi sugarak alkalmazott aránya csodálatra méltó teljesítménynek számít, ha feltételezzük, hogy nem csupán a véletlen műve volt.

Ismeretesek az objektívek és az okulárok gyújtótávolságai. Ezeknek segítségével az F/f viszony alapján számítható nagyítási értékeket a következő táblázat adja.

I. ok. f = -9,52 cm	II. obj. F = 132,7 cm	II. obj. F = 95,6 cm	III. obj. F = 168,9 cm
II. ok. f = -4,88 cm	14x	10x	17,8x
	27x	19,6x	34,6x

Az elérhető nagyítások a lencsék kombinációival tehát 10 és 34,6 közé esnek.

Egy percig sem kételkedhetünk abban, hogy Galilei már ismerte a nagyítás összefüggését az objektív és az okulár gyújtótávolságával. Jó volna tudni, vajon tett-e kísérletet arra nézve, hogy a nagyítást fokozza. Elérhetett volna sokkal nagyobb objektív-gyújtótávolságot, vagy kisebb okulár-gyújtótávolságot, s így a nagyítás elérhette volna akár a százszorosot is. Ha tett is ilyen kísérleteket, tapasztalnia kellett, hogy a nagyítás növelésével egyre szűkül a látómező. Hiszen már így is az I. és II. objektívvel elérhető látómező nem haladta meg a 15 ívpercet, vagyis a Hold és a Nap korongjának már csak fele fért el a látómezőben. Az állvány stabilitása nem valami megbízható volt, s bizonyos, hogy meglevő távcsöveivel is sokat kellett kínlódnia, amíg a kiszemelt égitestet megtalálta. A nagyobb nagyítás csak fokozta volna ezeket a nehézségeket.

Kétségtelen, hogy ha Galilei csupán optikus és csillagász lett volna, sokat köszönhetünk volna találékonyságának. Talán sokirányú egyéb elfoglaltsága mellett ideje sem volt ahhoz, hogy többet törődjön a távcső tökéletesítésével. Különbön is volt idő, amikor a Szentszék kellemetlenkedései miatt hosszú időre abbahagyta a csillagászkozást és inkább fizikával foglalkozott.

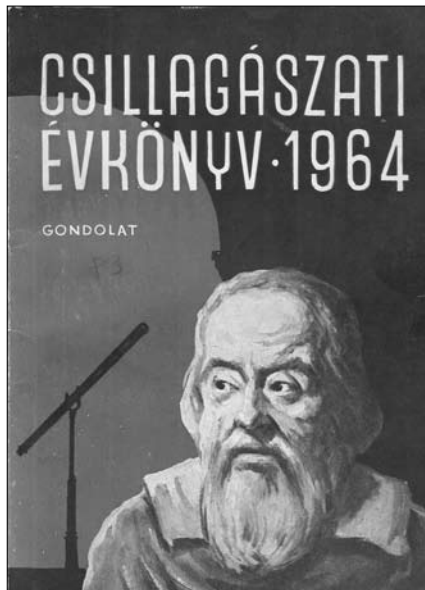
Ennek a kornak a szellemét ma már nehéz megérteni. Az optika fejlődését dogmatikus tételek hátráltatták. Mint Sonnefeld írja, 1600 előtt hosszú időn át tilos volt például a gyűjtőlencsét nagyító lupeként alkalmazni, mert – úgymond – a lencsén át kapott kép meghamisítja a dolgokról szerezhető információkat. Eleget kellett vitatkozni Galileinek is a peripatetikussal, hogy a távcsövet át látott dolgok a valóság hű ábrázolásai.

Sokat vitatott kérdés, hogy végeredményben ki volt a távcső felfedezője. Végeredményben ez a kérdés talán nem is olyan fontos, mint amilyen jelentőséget tulajdonítanak neki.

Több életrajzíró is emberi hibaként említi, hogy Galilei a távcső felfedezését magának vindikálta, holott köztudomás szerint ami-

kor első távcsövet készítette, már tudott ilyen eszköz létezéséről. Mivel azonban ekkor még hiányoztak azok az optikai ismeretek, amelyek a távcső szerkesztéséhez szükségesek, Galilei munkássága valóban sok tekintetben úttörőnek bizonyul.

Az 1830-ban megtalált dokumentumok szerint Hollandia kormánya 1608. október 2-án egy szabadalmi kérvényt tárgyalt, amit Johann Lippershey nyújtott be egy eszközzel, amivel a távolba lehet látni.



Az 1964-es Csillagászati évkönyv címlapja. A kötetben öt cikk foglalkozik Galileivel

Vele csaknem egy időben Jakob Metius is szabadalmat kért. Mindketten a hollandiai Middelburgban lencsecsiszolók voltak. A holland kormány azzal utasította el Lippershey kérését, hogy ez az eszköz akkor már ismert volt. Ennek ellenére több távcsövet is rendelt Lippershey-től, de tanácsolták neki, hogy az egészet tartsa titokban.

Később Zakarias Janssen igényelte a felfedezés elsőbbségét, aki a hollandiai Alkmarban volt lencsecsiszoló. Állítása szerint ő már 1590-ban készített hasonló távcsövet.

P. Borelli szerint Janssené az elsőség, mint-

hogy ő egy 40 cm hosszú távcsövet készített a nassauai Moritz hercegnek jóval Lippershey bejelentése előtt. A herceg azonnal felismerte az eszköz hadászati jelentőségét és pénzt adott Janssennek, hogy tartsa titokban a felfedezést.

Mindezt azonban Borelli mások elbeszélései alapján hallomásból tudta és nem tulajdonítottak neki bizonyító erőt az elsőbbség kérdésében.

Vannak, akik Giovan Battista dela Porta (más néven Giambattista della Porta) nevét említik. Ez az érdekes ember 1538–1615-ig élt főként Nápolyban. Mágiával, költéssel, alkímiával és optikával foglalkozott. Ismerte a camera obscurát, foglalkozott a fénytöréssel és a lencsék összetételével s könyvet írt „De refractione” címmel. Utolsó írásaként jelent meg a „De Telescopio” c. műve, aminek kéziratát régóta fektette s élete végén írta újra. Sorsa fölött keseregve halt meg, mert nem őt ünnepelték a távcső felfedezőjeként, noha ő annak tartotta magát.

Lippershey és Metius beadványa után 9 hónappal értesült Galilei a nagyszerű holland felfedezésről. Semmit nem tudott a távcső konstrukciójáról, csak annyit tudott, hogy van ilyen eszköz. Hamarosan el is készítette első távcsövet, mely háromszorosan nagyított, 1609-ben és 1610-ben már olyan távcsövei voltak, amelyek alkalmasak voltak a holdfelszín vizsgálatára, a Vénusz sarlóalakjának felismerésére, a jupiterholdak felfedezésére, a Szaturnusz különleges alakjának megpillantására és a Tejút csillagokra bontására.

Talán az sem dönthető el a távcső felfedezésének elsőbbségét, ha a közel 400 éves múlt minden dokumentuma előkerülne. Végeredményben más volt az az eszköz, amit Lippershey, Metius, Janssen és Porta készíthetett, mint amivel Galilei ajándékozta meg a világot. És helyesen ítéli meg Sonnenfeld a kérdést, amikor azt írja, hogy éppen olyan nehéz ezt eldönteni, mint azt, hogy ki készítette az első gyűjtőlencsét. És nagyon

helyesen látja a dolgot a filozófus Descartes, aki rámutat, hogy abban az időben az optikai eszközök készítése inkább játékos próbálgatás volt, mint céltudatos törekvés.

Ma már senki nem vitatja, hogy Galilei előtt a földi célra használt távcső ismeretes volt. Galilei munkásságának jelentősége abban nyilvánul meg, hogy azonnal felismerte jelentőségét és a hallomásból szerzett ismeretek alapján maga készítette el a távcsövet. Mindjárt a legilletékesebb helyen mutatta be és csillagászati célra is ő alkalmazta első ízben. Ebben az időben talán Keplert kivéve senkinek a kezében nem válhatott volna ez az eszköz a tudományos kutatás műszerévé. Ehhez Galileire volt szükség, aki keresve kereste a bizonyítékokat az új világkép igazolásához, amely szelleme számára már valóság volt.

400 éve született Galilei. 355 éve annak, hogy megkezdte távcsöves felfedezéseinek sorát, aminek nyomán új korszak nyílt a Világegyetem megismerésének történetében.

Hány ember élt és halt meg az elmúlt 355 év alatt anélkül, hogy tudomást szerzett volna erről? A ma élő három milliárd ember között is mily kevesek azok, akik látták már azt, amit Galilei látott!

Ifjúságunk nagy része úgy nő fel, hogy csak olvas és tanul ezekről a nagy felfedezésekről, de saját szemével még nem látta azokat.

Ha méltón akarjuk megünnepelni Galileit, akkor tennünk kell azért is valamit, hogy ezt az évszázados mulasztást pótoljuk.

Tegyük meg mindent azért, hogy egyetlen iskolát ne hagyjasson el a tanuló anélkül, hogy legalább annyit ne lásson az égből, amennyit Galilei 355 évvel ezelőtt látott.

Indítsunk mozgalmat, hogy minden iskola megszerezhesse Galilei első távcsövének mását és a nevelők e távcső mellett emlékezzenek e nagy szellemre, akinek munkássága volt alapja a mai természettudományos kultúránknak.

Kulin György