

## Fyrstu tvær aldirnar í sögu stjörnusjónaukans

Einar H. Guðmundsson

Raunvísindastofnun Háskólans

Vefútgáfa: 10. okt. 2008

**Ágrip** – Í september 1608 voru fyrstu sjónpípunar kynntar til sögunnar í borginni Middelburg í Zeeland í Hollandi. Fréttir af hinni nýju uppfinningu fóru sem eldur í sinu um alla Evrópu og fyrr en varði hafði sjónaukinn valdið byltingarkenndum breytingum í stjörnufræði og heimsfræði. Í þessari grein er meðal annars sagt frá fyrstu sjónpípunum, linsusjónaukum þeirra Galíleós og Keplers og spegilsjónaukum Gregorys, Cassegrains og Newtons. Ennfremur er fjallað um ýmsa aðra þætti úr þróunarsögu sjónaukans á sautjándu og átjándu öld.

### 1. Fyrstu sjónpípunar

Í einni af mörgum merktum neðanmálsgreinum, sem Jón lærði Jónsson (1759–1846) bætti við þýðingu sína á *Náttúraskoðara* Suhms árið 1798, segir hann:

Það er merkileg frásaga, sem rituð finnst um sjónpípuna eður kíkira uppruna á þennan hátt: Árum eftir Guðs burð 1609 sýndi sig engill nokkur eður framandi maður, í líkingu eins hollensks manns, sem kom til Meðalborgar í Sjólandi, til eins nafnfrægs gleraugnasmíðs, að nafni Jóns Lippersonar, og falaði að honum að tilbúa sér gleraugu, ýmislega íhvolfd og bunguvaxin. Á ákvörðuðum degi kom hann aftur, að vitja þess hann falað hafði, og þegar hann það fékk, tók hann tvö gler, annað íhvolft en annað bunguvaxið, hélt þeim báðum, hvörju við annað, fyrir augum sér, og dró þau æ lengra og lengra sundur og hvört frá öðru, annaðhvort til að finna punkt þann, hvar ljós þeirra í eitt samankæmi, eður til að reyna hvað þau dygðu; að því búnu gekk hann á burt. Meistarinn, sem var hugvitsríkur, gjörði síðan með öðrum eins glerum, allt að einu, sem hann séð hafði hinn gjöra, og með því móti hitti hann á, hvörsu maður á þann hátt fengi sjónpípu tilbúið.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Neðanmálsgrein 9 í [28], bls. 26–27. Jón vitnar hér í ritið *Astro-Theology* eftir William Derham (1657–1735) frá

Þessi lýsing Jóns er áhugaverð fyrir þær sakir, að hér mun í fyrsta sinn fjallað um sjónpípuna, uppruna hennar og gerð á prenti á íslensku. Þótt frásögnin sé þjóðsagnakennd er lýsingin í meginatriðum rétt hvað varðar linsurnar og samsetningu sjónpípunnar.

Hugmyndin um einhvers konar sjónauka hafði legið lengi í loftinu þegar hún loks varð að veruleika í Hollandi árið 1608. Í lok september það ár sótti Hans (eða Jan) Lipperhey (eða Lippershey) (1570–1619) í Middelburg um einkaleyfi fyrir tæki sem „sýnir fjarlæga hluti eins og þeir séu nálægir“. Stuttu síðar sendi Jakob Metius (1571–1628) frá Alkmaar inn svipaða beiðni. Ráðamenn fjölluðu um umsóknirnar í október en veittu þó ekki einkaleyfi, því um það leyti sem þeir þinguðu var sjónpípan þegar orðin vel þekkt í Hollandi og öllum aðgengileg. Nú er talið að þriðji maðurinn, Sakarías Janssen (1585–1632) í Middelburg, hafi jafnvel verið á undan þeim Lipperhey og Metiusi að búa til nothæfan kík. Fyrstu sjónpípur þeirra þremmenninganna munu hafa stækkað þrisvar til fjórum sinnum. Viðfangsglerið var safnlinsa og augnglerið dreifilinsa. Myndin af því sem horft var á sneri því rétt.<sup>2</sup>

1715. Nánar er fjallað um þekkingu og notkun Íslendinga á stjörnusjónaukum í [6] og [7].

<sup>2</sup> Sjá mynd 2. Saga sjónaukans er tekin til ítarlegrar umfjöllunar hjá [21] og [30] sem gera forsögunni jafnframt góð skil. Sjá einnig [33] og vefsíðuna <http://galileo.rice.edu/galileo.html>.

Fréttin af uppfinningunni barst eins og eldur í sínu um alla Evrópu og tækið sjálft fylgdi fljótlega í kjölfarið, enda var tiltölulega auðvelt að búa það til í einfaldri gerð. Vorið 1609 mátti kaupa hollenskar sjónpípur með þrefalda stækkun hjá gleraugnasmíðum í París og síðsumars voru þær einnig komnar til Ítalíu. Menn gerðu sér strax grein fyrir mikilvægi hins nýja tækis, bæði í hernaði og til friðsamlegra nota á sjó og landi.

Tækið var einnig fljótlega notað til þess að kíkja á stjörnurnar. Í ágúst 1609 skoðaði Englendingurinn Thomas Harriot (1560-1621) tunglið í gegnum kík með sexfalda stækkun og sagnir herma að ýmsir aðrir hafi beint sjónpípum til himins á þessum tíma og séð þannig fleiri stjörnur en með berum augum. Ekki var þó sagt frá þessum athugunum á prenti fyrir en löngu síðar.

## 2. Galíleó og Kepler

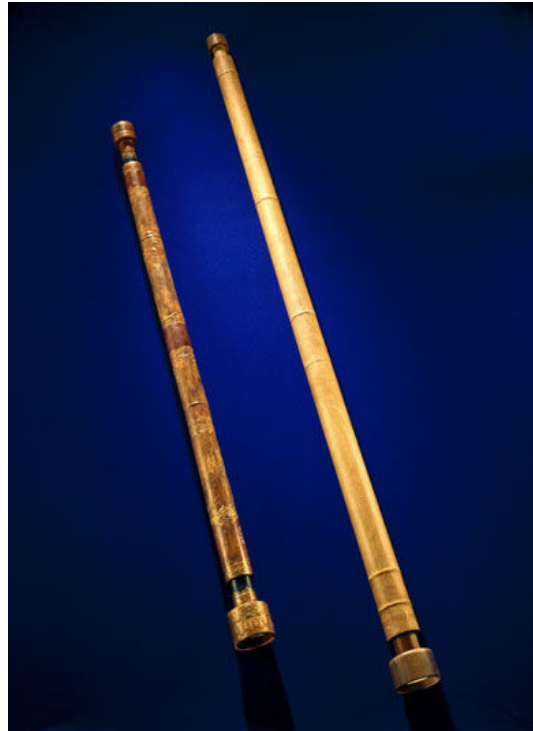
Ítalinn Galíleó Galíleí (1564–1642) á tvímælalaust heiðurinn af fyrstu mikilvægu stjörnuathugunum með sjónpípum. Strax og hann frétti af hollenska kíknum, gat hann sér til um gerð hans og hvað það væri sem réði stækkuninni.<sup>3</sup> Í júlí 1609 hafði hann lokið við að smíða sjónpípu með þrefalda stækkun. Mánuði síðar bjó hann til annan kík með áttfalda stækkun og í október eða nóvember hóf hann stjörnuathuganir fyrir alvöru með sjónpípu sem stækkaði mun meira, eða um tuttugu sinnum.

Meðal þess sem Galíleó uppgötvaði var fjöllótt landslag tunglsins, fjögur stærstu tungl Júpíters og fjöldi nýrra stjarna í Vetrarbrautinni, Óríonmerkinu, Sjöstirninu og Jötunni. Niðurstöðurnar birti hann í tímamótaritinu *Sidereus nuncius* (*Sendiboða stjarnanna*) í mars 1610 og öðlaðist við það heimsfrægð[9]. Síðar átti hann eftir að uppgötva fasaskipti Venusar, afbrigðilega lögun Satúrnusar í sjónpípum og gera mikilvægar athuganir á sólblettum.<sup>4</sup>

Aðrir stjörnuskoðendur áttu í fyrstu erfitt með að sannreyna uppgötvanir Galíleós, þar sem enginn átti

<sup>3</sup> Stækkunin ræðst af hlutfallinu milli brennividda viðfangsglers og augnglers.

<sup>4</sup> Um Galíleó og afrek hans í stjörnufræði, heimsfræði og eðlisfræði hefur mikið verið skrifað (sjá t.d. heimildaskrá í [5]). Nýlega komu út tvö fróðleg rit [2, 26] sem fjalla sérstaklega um fyrstu kynni Galíleós af sjónpípunni og hvernig hann notaði tækið sjálfum sér og vísindum sínum til framdráttar. Almenna umfjöllun um þróun stjörnufræði og eðlisfræði á sautjándu og átjándu öld er að finna í [34] og [35].

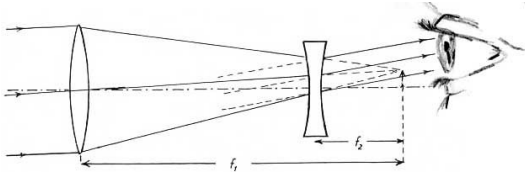


**Mynd 1.** Eftirlíkingar af tveimur sjónpípum sem Galíleó notaði við athuganir sínar 1610. Sú styttri hefur lengdina 88 cm og stækkun 21. Lengri pípan stækkar 14 sinnum og er 122 cm löng. Sjónsvið beggja er um það bil 10 bogamínútur. Pípunar voru smíðaðar árið 1923 eftir fyrirmyndunum í *Museo di Fisica e Storia Naturale* í Flórens. Ljósmyndin er frá *Science Museum* í London.

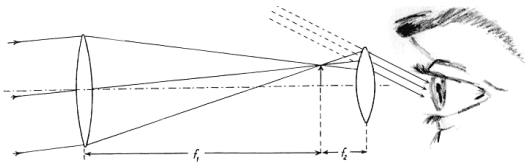
jafngóðar sjónpípur og hann. Það leið þó ekki nema um það bil hálf ár þar til öðrum tókst að búa til slíkar pípur og staðfesta niðurstöður ítalska stjörnumeistarans. Við það missti Galíleó jafnframt það forskot sem hann hafði haft í stjörnuathugunum.<sup>5</sup>

Hinn nafntogaði stjörnufræðingur og eðlisfræðingur Jóhannes Kepler (1571–1630) varð fyrstur til

<sup>5</sup> Endurbætur Galíleós á hollensku sjónpípunni og at-hyglin sem niðurstöður hans vöktu varð til þess að oft er þessi gerð sjónauka við hann kennd. Í dæmigerðri Galíleóssjónpípu, sem var nógu öflug til þess að hægt væri að sjá með henni tungl Júpíters, var kúpt viðfangsgler með 75 til 100 cm brennividd. Augnglerið var dreifilinsa með 5 cm brennividd, þannig að stækkunin var 15 til 20. Virkt þvermál viðfangsglersins var yfirleitt minna en 2,5 cm og sjónsviðið var lítið, eða innan við 15 bogamínútur. Lengd pípunnar var oftast í kringum 1 m.



**Mynd 2.** Geislagangur í hollensku sjónpípunni, sem einnig er kölluð Galíleóssjónauki. Teikning fengin af vefsíðu *The American Institute of Physics*. Hún er aftur gerð eftir teikningu í [21].



**Mynd 3.** Geislagangur í Keplerssjónauka. Auðvelt er að láta myndina snúa rétt með því að bæta við þriðju safnlinsunni. Teikning fengin af vefsíðu *The American Institute of Physics*. Hún er aftur gerð eftir teikningu í [21].

Þess að bregðast jákvætt við niðurstöðum Galíleós.<sup>6</sup> Strax og hann hafði lokið við að lesa *Sendibodann* skrifaði hann höfundinum langt bréf um mikilvægi hinna nýju uppgötvana. Hann lét svo prenta bréfið skömmu síðar undir heitinu *Dissertatio cum Nuncio sidero* (*Samræða við sendiboda stjarnanna*). Kepler var fremstur meðal stjörnufræðinga á þessum tíma og stuðningur hans skipti Galíleó því miklu.<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Árið 1609 hafði Kepler gefið út tímamótaritið *Astronomia nova* (*Nýja stjörnufræði*) [17] þar sem hann setti meðal annars fram fyrstu tvö lögmál sín um hreyfingar reikistjarnanna. Þriðja lögmálið birti hann svo tíu árum síðar. Þar sem Kepler lagði yfirleitt mun meiri áherslu á það að útskýra stjarnfræðileg fyrirbæri en að lýsa þeim, vilja margir kalla hann fyrsta stjarneldisfræðinginn. Í [5] má finna lista yfir helstu rit sem fjalla um Kepler og afrek hans.

<sup>7</sup> Um leið og Kepler hrósaði Galíleó í hástert í *Samræðunni* [18] notaði hann tækifærið til að koma sínum eigin hugmyndum á framfæri. Meðal annars minntist hann á þann möguleika að vitsmunalíf væri að finna á tunglinu (og reyndar einnig á Júpíter). Þetta efni var honum hugleikið á þessum tíma þar sem hann var nýbúinn að semja *Somnium* (*Drauminn*) [20], lýsingu á stjörnuhimninum frá sjónarhóli tunglbúa. Í þessu merka riti, sem að stofni til er umfjöllun um heimsmýnd Kópernikusar, eru aðalsöguhetjurnar Íslendingar (sjá nánar í [4]). *Draumur* Keplers kom ekki á prenti fyrr en að honum látnum.

En Kepler lét ekki þar við sitja. Árið 1611 gaf hann út bókina *Dioptrice* þar sem fjallað er ítarlega um ljósbrot, linsur og geislagang í sjónaukum.<sup>8</sup> Í bókinni lýsir hann einnig nýrri gerð af sjónpípu þar sem bæði viðfangsgler og augngler eru kúpt. Í slíkum sjónauka snýr myndin öfugt (sjá mynd 3). Það atriði skiptir að sjálfsögðu litlu í stjörnuskoðun og helsti kosturinn við Keplerssjónaukann er sá, að hann hefur mun víðara sjónsvið en Galíleóssjónpípa, auk þess sem hægt er að ná fram meiri stækkun.

Þrátt fyrir augljósa kosti var ekki farið að nota sjónpípu Keplers fyrir alvöru í stjörnufræði fyrr en um 1630, þegar hún tók við af Galíleóssjónpípunni sem helsta rannsóknartæki stjörnufræðinga. Í kringum 1640 bjó Englendingurinn William Gascoigne (1620–1644) svo til fyrsta þráðasigtið og kom því fyrir í brennplani Keplerssjónauka. Þræðina færði hann til með skrúfmæli (e. micrometer) og gat þannig mælt lítil horn með mikilli nákvæmni.

Glerið sem notað var í sjónaukalinsur var smám saman bætt og jafnframt orðu framfarir í linsulípun. Menn glímdu þó lengi við kúluvillu og litvillu, ljósfræðileg vandamál sem ekki voru að fullu leyst fyrr en um miðja átjándu öld.<sup>9</sup> Fljótlega kom þó í ljós að unnt var draga mjög úr slíkum hrifum með því að auka brennividd viðfangsglersins. Það hafði einnig í för með sér meiri stækkun, sem meðal annars varð til þess að hinn fjölhæfi Hollendingur Christiaan Huygens (1629–1695) sá hringa Satúrnusar árið 1655 og uppgötvaði jafnframt Titan, stærsta tungl reikistjörunnar. Í kringum 1660 bjó Huygens svo til mjög gagnlega

<sup>8</sup> Sjá [19] og grein Malets [23]. Kepler var fremsti ljósfræðingur síns tíma og hafði áður gefið út grundvallarritið *Astronomiae pars optica* (*Ljósfræðihluta stjörnufræðinnar*) [16]. Þar lagði hann m.a. stærðfræðilegan grunn að geislaljósfæði, fjallaði um linsur og útskýrði ljósfæði augans.

<sup>9</sup> Yfirborð fyrstu linsanna og fyrstu holspeglanna höfðu lögum kúluyfirborðs. Samsíða ljósgeislar, sem fara í gegnum slíka linsu eða endurkastast frá kúluspegli, hafa ekki allir sama brenniplan. Afleiðingin er loðin mynd. Þetta er kölluð kúluvilla (e. spherical aberration). Litvilla linsu (e. chromatic aberration) stafar hins vegar af því að mismunandi litir í ljósinu sveigja mismikið af leið við það að fara í gegnum linsuna og hafa því ekki sama brenniplan. Afleiðingin er sú að hlutir sem skoðaðir eru í gegnum linsuna virðast umkringdir loðnum litahjúp. Spegilsjónaukar eru hins vegar þeim kostum búnir að vera algjörlega lausir við litvillu.



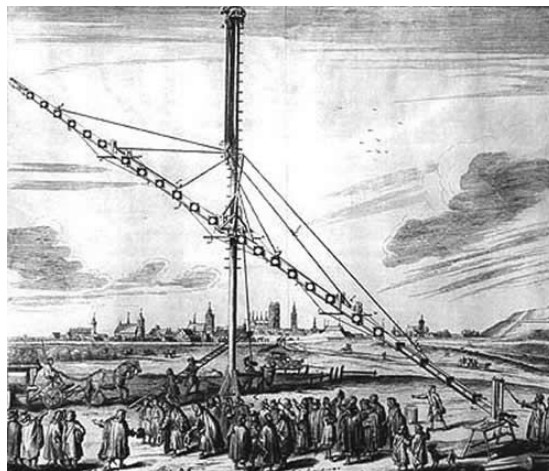
**Mynd 4.** Bruggarinn og stjörnufræðingurinn Jóhannes Hevelíus (1611–1687) við athuganir með Keplerssjónpípu í Danzig (Gdansk) skömmu fyrir miðja sautjándu öld. Myndin er úr bók hans um tungluppdrætti frá 1647 [12].

augnglerjasamstæðu sem gaf víðara sjónsvið en stök linsa og dró einnig talsvert úr litvillu.

Um miðja sautjándu öld hófst mikið kapphlaup um það að smíða sjónpípur með sem mestri stækkun. Þar sem lengd Keplerssjónpípu er nálægt því að vera summa brennividda viðfangsglers og sjónglers þýddi þetta lengri pípur. Eftir því sem lengdin óx varð þó æ erfiðara að stjórna þeim og sjónpípur lengri en 30 til 40 m voru yfirleitt ónothæfar til stjarnmælinga vegna titrings og annars óstöðugleika. Á myndum 4 og 5 má sjá dæmi um þessa þróun. Þetta varð til þess að í byrjun átjándu aldar hættu menn svo til alveg að nota mjög langa linsusjónauka. Nýrri og endurbættar útgáfur af styttri gerðinni voru þó algengar og þær voru notaðar bæði til stjarnmælinga og annarra hluta.

Í kringum 1730 bjó enski lögfræðingurinn Chester Moor Hall (d. 1767) til fyrstu linsuna sem var nær laus við litvillu.<sup>10</sup> Hann sóttist þó hvorki eftir frægð né frama og þess vegna var það enski ljósfræðingurinn John Dollond (1706–1761) sem hlaut einkaleyfið árið 1758 eftir talsverðar endurbætur á linsu

<sup>10</sup> Linsa Halls var samloka með safnlinsu og dreifilinsu úr tveimur mismunandi glertegundum.



**Mynd 5.** Stærsti linsusjónauki Hevelíusar var 46 m langur og þvermál viðfangsglersins 20 cm. Vegna stærðarinnar var tækið óvarið fyrir veðri og vindum. Myndin er úr riti Hevelíusar um stjörnuathugunarstöð hans og mælitæki frá 1673 [13].

Halls. Fyrirtæki hans og sonar hans, Peters Dollonds (1731–1820), hóf svo fjöldaframleiðslu á litvillulausum linsusjónaukum á árunum í kringum 1760. Dollondssjónaukar þóttu bera af öðrum linsusjónaukum og voru lengi notaðir til stjörnskodunar og stjarnmælinga víða um heim, þar á meðal á Íslandi.<sup>11</sup>

Með aukinni þekkingu í ljósfræði og efnisfræði og betri tækni í byrjun nítjándu aldar gekk linsusjónaukinn svo í endurnýjun lífdaga og óhætt mun að fullyrða að hann hafi átt sitt blómaskeið á nítjándu öldinni. Um þá sögu má lesa á öðrum vettvangi.<sup>12</sup> En nú verður vikið að spegilsjónaukum.

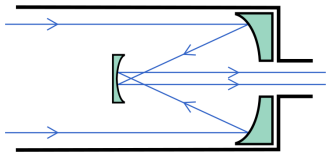
### 3. Spegilsjónaukinn

Þó að rekja megi ófullkomnar hugmyndir um spegilsjónauka langt aftur í tímann, jafnvel til Forn-Grikkja, var það ekki fyrr en á seinni hluta sautjándu aldar sem fyrstu raunhæfu tillögurnar um slík tæki sáu dagsins ljós. Upphaf spegilsjónaukans er oft rakið til hugmyndar skoska stærðfræðingsins og stjörnufræðingsins James Gregorys (1638–1675) sem hann birti árið 1663 og byggist á tveimur holspeglum (sjá mynd 6).<sup>13</sup>

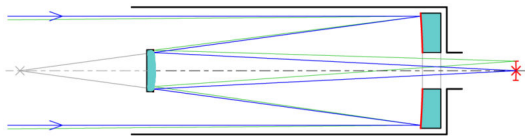
<sup>11</sup> Sjá nánari umfjöllun hjá [7].

<sup>12</sup> Ítarlega umfjöllun um linsusjónauka og sögu þeirra er m.a. að finna hjá [21], [31] og [33].

<sup>13</sup> Sjá [11] þar sem Gregory fjallar ítarlega um hinar ýmsu gerðir sjónauka. Yfirborð aðalspegilsins í sjónauka hans er



**Mynd 6.** Geislagangur í gregorískum spegilsjónauka. Yfirborð aðalspegils er íhvolfur fleygbogaflötur og yfirborð aukaspegils íhvolfur sporbaugsflötur. Mynd fengin af vefsíðu Wikipedia.



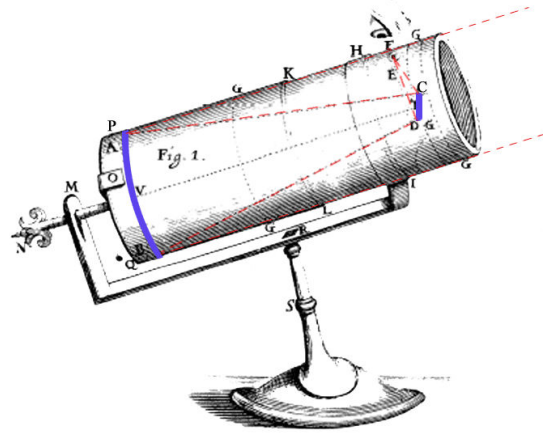
**Mynd 7.** Geislagangur í Cassegrain-sjónauka. Hann er svipaður gregoríska sjónaukanum að gerð, nema hvað yfirborð aukaspegilsins er kúptur gleiðbogafötur. Mynd fengin af vefsíðu Wikipedia.

Gregory gerði tilraun til að smíða sjónauka eftir hugmynd sinni, en tókst ekki, vegna þess að á þeim tíma voru ekki til nógu góðir holspeglar. Þúsundþjalasmiðnum Robert Hooke (1635–1703) tókst reyndar að ná fram daufri og óskýrri mynd með gregorískum sjónauka eftir talsverða fyrirhöfn árið 1674, en öðrum gekk verr.<sup>14</sup> Þegar fram liðu stundir og tæknihindranir höfðu verið yfirunnar urðu slíkir sjónaukar þó mjög vinsælir meðal stjörnufræðinga, ekki síst með þeim breytingum á aukaspegli sem Frakkinn Laurent Cassegrain (1629–1693) lagði til árið 1672.<sup>15</sup> Hugmyndir þeirra Gregorys og

fleygbogaflötur, en eins og franskur stærðfræðingurinn og heimspekingurinn René Descartes (1596–1650) hafði sýnt fram á árið 1637 er brenniplan slíks spegils hið sama fyrir alla samsíða geisla [3].

<sup>14</sup> Til þess að fá jafn góða mynd með holspegli og safnlínu þarf yfirborð spegilsins að vera u.þ.b. fjórum sinnum sléttara en linsuyfirborðið. Finna má góða umfjöllun um þetta atriði hjá [33], bls. 110–112.

<sup>15</sup> Aukaspegillinn í Cassegrain-sjónauka er kúptur í stað þess að vera íhvolfur eins og í gregorískum sjónauka (sjá mynd 7). Árið 1672 sagði franskur vísindamaður að nafni de Bercé frá hugmynd Cassegrains í tímaritinu *Journal des Sçavans* (seinna kallað *Journal des Savants*). Lítið er vitað um Cassegrain annað en það, að hann mun hafa verið kaþólskur prestur og kennari í Chartres. Það er reyndar athyglisvert að hugmyndir líkar þeim, sem þeir Gregory og



**Mynd 8.** Geislagangur í Newtonssjónauka. Í fyrsta sjónauka Newtons frá 1668 var þvermál spegilsins 3,4 cm og brennivíddin (og lengd sjónaukans) 16 cm. Stækkunin var 35 og brennivídd augnglersins tæpur hálfur cm. Mynd fengin af vefsíðu *The American Institute of Physics*. Hún er gerð eftir teikningu Newtons sjálf frá 1672.

Cassegrains lifa enn góðu lífi og liggja til grundvallar mörgum af stærstu stjörnusjónaukum nútímans.

Það var Englendingurinn Ísak Newton (1642–1727) sem varð fyrstur til þess að smíða nothæfan spegilsjónauka árið 1668 með því að raða saman holspegli, flötum aukaspegli og kúptu augngleri (sjá mynd 8). Af þessum ástæðum er hann oft kallaður „faðir spegilsjónaukans“. Newton var þá þegar orðinn einn fremsti ljósfræðingur heims og þetta ákveðna afrek var fyrst og fremst byggt á tilraunavinnu, sem leiddi til þess að hann fann heppilega málmblöndu í holspegilinn og jafnframt nýja leið til að slípa hann og fægja.<sup>16</sup>

Þrátt fyrir þetta tímamótaverk Newtons liðu enn nokkrir áratugir þar til almennt var farið að nota spegilsjónauka. Ástæðan var sú, að menn áttu lengi í miklu basli með að slípa málm-spegla, það féll fljótt á þá og

Cassegrain settu fram, höfðu birst áður, fyrst í verki frá 1632 eftir Ítalann Bonaventura Cavalieri (1598–1647) og svo aftur í riti frá 1636 eftir Frakkann Marin Mersenne (1588–1648). Sjá nánar um þetta efni hjá [33].

<sup>16</sup> Lýsingu Newtons á smíði fyrsta spegilsjónaukans er að finna á bls. 102–111 í hinu merka riti hans um ljósfræði, *Opticks* [25]. Í [5] má finna lista yfir rit sem fjalla um Newton, ævi hans og afrek í eðlisfræði og stærðfræði.



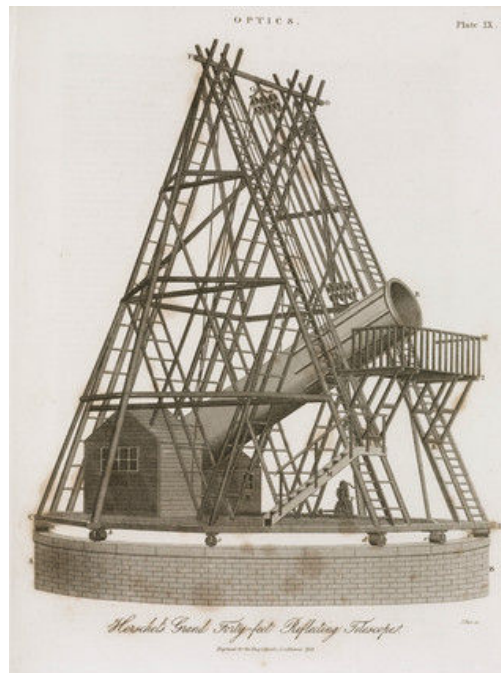


**Mynd 9.** Newtonssjónauki, sem William Herschel smíðaði uppúr 1783. Hann líkist mjög sjónaukanum, sem Úranus fannst með árið 1781, og talinn var besti sjónauki þess tíma. Þvermál holspegilsins var um 16 cm og lengd sjónaukans 2,1 m. Ljósmyndin er frá *Science Museum* í London.

stöðug endurslípun eyðilagði oft fyrri lögun sem náðst hafði með mikilli fyrirhöfn.

Árið 1721 kom fram á sjónarsviðið spegilsjónauki sem jafnaðist á við bestu linsusjónauka þess tíma. Hönnuðurinn var Englendingurinn John Hadley (1682–1744). Gerðin var hin sama og hjá Newton, en stærðin mun meiri. Þvermál spegilsins var rúm-ir 15 cm og brennivíddin 1,6 m. Hadley hafði innleitt nýjar aðferðir við slípun og tekist að móta spegilyfirborðið sem fleygbogaflöt. Sjónauki hans var því laus við kúluvillu.

Aðferðafræði Hadleys breiddist út á næstu árum og hin nýja tækni hleypti miklum vexti í notkun spegilsjónauka. Vinur Johns Dollonds, Skotinn James Short (1710–1768), hóf til dæmis fjöldaframleiðslu á gregorískum sjónaukum um 1740, eftir að honum hafði tekist að fullkomna eigin aðferð til að búa til speglandi fleygbogaflæti. Sjónaukar hans þóttu ekki aðeins vandaðir heldur og mikið augnayndi. Þeir voru, eins og linsusjónaukar Dollonds, lengi notaðir



**Mynd 10.** Stærsti spegilsjónauki Herschels, sem hann tók í notkun skömmu fyrir 1790. Lengd sjónaukans var 12 m og þvermál spegilsins 1,2 m. Tækið kom aldrei að fullum notum því erfitt var að stjórna því, fægja þurfti spegilinn með stuttu millibili og veðrið á athugunarstaðnum var til vandræða. Myndin er eftir J. Pass frá 1819.

til kennslu og rannsókna í mörgum af helstu stjörnuathugunarstöðvum Evrópu.<sup>17</sup>

Í þessu stutta yfirliti um fyrstu tvær aldirnar í sögu sjónaukans er við hæfi að minnast í lokin á konungsjónaukasmiðanna, tónlistarmanninn og stjörnufræðinginn William Herschel (1738–1822).<sup>18</sup> Hann gerði sér snemma grein fyrir því, að það er þvermál sjónaukans, en ekki stækkunin, sem skiptir mestu þegar verið er að rannsaka dauf fyrirbæri eins og stjörnuþyrpingar, geimþokur og vetrarbrautir. Hann hóf því fljótlega að nota spegilsjónauka við stjörnuathuganir og frá og með 1774 slípaði hann hvern holspegilinn á fætur öðrum með stöðugt vaxandi þvermáli. Hann fann reikistjörnuna Úranus með 16 cm sjónauka

<sup>17</sup> Stærsti sjónauki Shorts var 3,6 m langur með 46 cm holspegli. Langflestir sjónaukar hans voru þó mun minni.

<sup>18</sup> Um William Herschel og systur hans, Caroline Herschel (1750–1848), má til dæmis lesa hjá [14]. Caroline er talin vera fyrsti kvenstjörnufræðingurinn. Um sjónauka Herschels má lesa hjá [1].

árið 1781 (sjá mynd 9) og öðlaðist við það heimsfrægð. Næst kom 23 cm spegilsjónauki, þá einn með 30 cm holspegli og loks sá sjónauki, sem þótti langbestur, með 47 cm spegli. Herschel smíðaði einnig 1,2 m sjónauka, en sá kom þó aldrei að fullum notum (sjá mynd 10).

Herschel var fremsti stjörnufræðingur síns tíma og spegilsjónaukar hann voru mun betri en annarra sjónaukasmíða. Í speglana notaði hann sérstakar málmblöndur, en eins og áður er getið höfðu málm-speglar þann ókost að auðveldlega féll á þá og sífelld endurslípun var nauðsynleg. Meðal annars af þeim sökum voru margir stjörnufræðingar í byrjun nítjándu aldar farnir að þreytast á þessari tegund sjónauka. Þeir tóku að halla sér að linsusjónaukum, sem voru í mikilli þróun á þeim tíma, einkum fyrir tilstilli manna eins og Svisslendingsins Pierres Guinands (1748–1824) og Þjóðverjans Jósefs Fraunhofers (1787–1826).<sup>19</sup>

Á fimmta áratug nítjándu aldar smíðaði William Parsons, öðru nafni Rosse lávarður (1800–1867), risastóran sjónauka með 1,8 m spegli og notaði hann með góðum árangri til þess að rannsaka geimpokur og vetrarbrautir. Í kringum 1860 bjuggu Þjóðverjinn Carl August von Steinheil (1801–1870) og Frakkinn Léon Foucault (1819–1868) til fyrstu holspeglana úr silfurhúðuðu gleri með því að nota húðunaraðferð þýska efnafræðingsins Justus Liebig (1803–1878).<sup>20</sup> Slíkir speglar voru mun léttari en gömlu málm-speglarnir, þeir framkölluðu bjartari og skýrari myndir og ekki þurfti stöðugt að slípa þá og endurhúða. Segja má að með framlagi þeirra Steinheils og Foucaults hafi þróun sjónaukans tekið nýja stefnu og að grunnur hafi verið lagður að hinum risastóru spegilsjónaukum tuttugustu aldar.<sup>21</sup>

<sup>19</sup> Sjá ítarlega umfjöllun um þá sögu hjá [15] og [31].

<sup>20</sup> Sjá [29] og [31]. Hugmyndina að silfurhúðuðu gler-speglum má rekja til Englendingans Georgs Airys (1801–1892).

<sup>21</sup> Sjá t.d. [21], [22], [24], [32] og [33]. Þeim sem vilja fylgjast með þróun sjónaukatekni má benda á hið alþýðlega tímarit *Sky and Telescope* sem birtir mánaðarlega fréttir og greinar um helstu nýjungar á því sviði (sem dæmi má nefna yfirlitsgrein um risasjónauka í ágúst 2000 og geimsjónauka í janúar 2006). Einnig má benda á nýjustu útgáfu kennslubóka í stjörnufræði, sem venjulega gefa gott yfirlit yfir helstu mælitæki og rannsóknaraðferðir stjarnvísindamanna (sjá t.d. 6. kafla í [8]). Þó að margir af stærstu sjónaukum nútímans séu að grunni til byggðir á hugmyndum þeirra Gregorys og Cassegrains nota stjarnvísindamenn

Gunnlaugur Björnsson, Þorsteinn Sæmundsson og Þorsteinn Vilhjálmsson fá bestu þakkir fyrir yfirllestur og ábendingar.

## Heimildir

- [1] Bennett, J.A.: 'On the Power of Penetrating into Space': The Telescopes of William Herschel. *Journal for the History of Astronomy*, 7, 1976, bls. 75–108.
- [2] Biagioli, M.: *Galileo's Instruments of Credit: Telescopes, Images, Secrecy*. Chicago 2006.
- [3] Descartes, R.: *La dioptrique*. Leiden 1637.
- [4] Einar H. Guðmundsson: Tycho Brahe og Íslendingar. *Lesbók Morgunblaðsins*, 14. desember 1996, bls. 4–6.
- [5] Einar H. Guðmundsson, Eyjólfur Kolbeins og Þorsteinn Vilhjálmsson: Heimsmyndin í ritum lærðra Íslendinga á sautjándu og átjándu öld. Í ritinu *Brynjólfur Sveinsson: Kirkjuhöfðingi, fræðimaður og skáld*. Ritstj. Jón Pálsson, Sigurður Pétursson og Torfi H. Tulinius. Reykjavík 2006, bls. 247–291.
- [6] Einar H. Guðmundsson: Saga stjarnmælinga á Íslandi: I. Frá landnámi til miðrar átjándu aldar. *Tímarit um raunvísindi og stærðfræði*, 5, 2008, bls. 11–26.
- [7] Einar H. Guðmundsson: Saga stjarnmælinga á Íslandi: II. Frá upplýsingu til fullveldis. Handrit 2008.
- [8] Friedman, R.A. og W.J. Kaufmann: *Universe*. 8. útgáfa. New York 2008
- [9] Galilei, G.: *Sidereus nuncius*. Feneyjum 1610. Til í enskri þýðingu A. van Helden, sem einnig skrifar innangang og eftirmála: *Sidereus Nuncius or The Sideral Messenger*. Chicago 1989.
- [10] Gingerich, O. ritstj.: *The General History of Astronomy*. Vol. 4A. Cambridge 1984.
- [11] Gregory, J.: *Optica promota*. London 1663.
- [12] Hevelius, J.: *Selenographia, sive, Lunae descriptio*. Gdansk 1647.
- [13] Hevelius, J.: *Machina coelestis pars prior, organographiam, seu instrumentum astronomicum omnium, ... accuratam delineationem et descriptionem ... exhibens*. Gdansk 1673.
- [14] Hoskin, M.: *The Herschel Partnership: as viewed by Caroline*. Cambridge 2003. Einnig Hoskin, M.: *Caroline Herschel's Autobiographies*. Cambridge 2003.
- [15] Jackson, M.W.: *Spectrum of Belief: Joseph von Fraunhofer and the Craft of Precision Optics*. Cambridge (USA) 2000.

ýmsar aðrar gerðir sjónauka við vinnu sína, enda fer val á sjónauka fyrst og fremst eftir viðfangsefni. Svipað má segja um stjörnuáhugamenn. Í þeirra hópi eru linsusjónaukar vinsælir og ekki síður spegilsjónaukar, meðal annars af gerðum sem kenndar eru við Cassegrain, Dobson, Maksutov, Newton og Schmidt. Sjá í þessu sambandi fyrstu kaflana í [27]. Um handsjónauka má lesa hjá [36].

- [16] Kepler, J.: *Ad Vitellionem paralipomena, quibus Astronomiae pars optica traditur*. Prag 1604. Til í enskri þýðingu W.H. Donahues sem einnig skrifar inngang: *Optics: Paralipomena to Witelo and the Optical Part of Astronomy*. Santa Fe 2000.
- [17] Kepler, J.: *Astronomia nova*. Prag 1609. Til í enskri þýðingu W.H. Donahues sem einnig skrifar inngang og skýringar: *New Astronomy*, Cambridge 1992.
- [18] Kepler, J.: *Dissertatio cum Nuncio sidero*. Prag 1610. Til í enskri þýðingu E. Rosens, sem einnig skrifar inngang og ítarlegar skýringar: *Kepler's Conversation with Galileo's Sideral Messenger*. New York 1965.
- [19] Kepler, J.: *Dioptrice*. Augsburg 1611.
- [20] Kepler, J.: *Somnium, seu Opus posthumum de astronomia lunari*. Sagan 1634. Til í enskri þýðingu E. Rosens sem einnig skrifar inngang og skýringar: *Kepler's Somnium. The Dream or Posthumous Work on Lunar Astronomy*. Madison 1967. Doverútgáfa 2003.
- [21] King, H.C.: *The History of the Telescope*. England 1955. Doverútgáfa: 1979.
- [22] Leverington, D.: *A History of Astronomy from 1890 to the Present*. London 1995.
- [23] Malet, A.: Kepler and the Telescope. *Annals of Science*, 60, 2003, bls. 107–136.
- [24] Martin, B., J. Hill og R. Angel: The New Ground-Based Optical Telescopes. *Physics Today*, mars 1991, bls. 22–30.
- [25] Newton, I.: *Opticks*. London 1704. Bókin kom í nokkrum útgáfum, síðast 1730. Sú kom í Doverútgáfu 1952 með ítarlegum inngangi eftir I. Bernard Cohen.
- [26] Reeves, E.: *Galileo's Glassworks: The Telescope and the Mirror*. Harvard 2008.
- [27] Snævarr Guðmundsson: *Íslenskur stjörnuatlas*. Reykjavík 2004.
- [28] Suhm, P.F.: *Sá gudlega þenkjandi Náttúru-skodari, það er Hugleiding yfir Byggingu Heimsins, edur Handverk Guds á Himni og Jörðu. Asamt annari Hugleidingu um Dygdina*. Jón Jónsson þýddi og skrifaði formála og neðanmálgreinar. Leirárgörðum 1798.
- [29] Tobin, W.: *The Life and Science of Léon Foucault: The Man who Proved the Earth Rotates*. Cambridge 2003.
- [30] Van Helden, A.: The Invention of the Telescope. *Transactions of the American Philosophical Society*. Vol. 67. Part 4. Philadelphia 1977.
- [31] Van Helden, A.: Telescope building, 1850–1900. Í [10], bls. 40–58.
- [32] Van Helden, A.: Building Large Telescopes, 1900–1950. Í [10], bls. 134–152.
- [33] Watson, F.: *Stargazer: The Life and Times of the Telescope*. Crows Nest 2004.
- [34] Þorsteinn Vilhjálmsson: *Heimsmýnd á hverfanda hveli: Sagt frá heimssýn vísindanna frá öndverðu fram yfir daga Newtons*. 1. bindi. Reykjavík 1986.
- [35] Þorsteinn Vilhjálmsson: *Heimsmýnd á hverfanda hveli: Sagt frá heimssýn vísindanna frá öndverðu fram yfir daga Newtons*. 2. bindi. Reykjavík 1987.
- [36] Örnólfur Thorlacius: Handleiðsla um handsjónauka. *Náttúrufræðingurinn*, 75, 2007, bls. 130–134.

**Summary:** The telescope was unveiled in the city of Middelburg in the Netherlands at the end of September 1608. News of the discovery spread rapidly through Europe and in a very short time the new instrument had brought about revolutionary changes in astronomy and cosmology. This short article discusses the first Dutch telescopes, the improvement brought about by Galileo and Kepler and the invention of the reflecting telescope by Gregory, Cassegrain and Newton. The rest of the article gives a general overview of the history of the telescope to the end of the eighteenth century.

**Um höfundinn:** Einar H. Guðmundsson er prófessor í stjarnfræði við Háskóla Íslands.

---

Raunvísindastofnun Háskólans  
Dunhaga 3, IS-107 Reykjavík  
einar@raunvis.hi.is  
Móttekin: 13. júní 2008