

1. Historia

Lauri Jetsu
Fysiikan laitos
Helsingin yliopisto

Johdanto

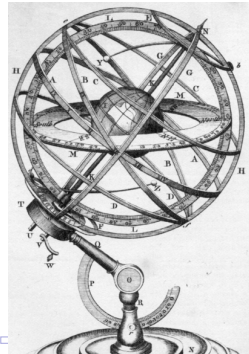
Esitiedot, Tavoite ja Suoritustapa

- ▶ **Esitiedot:** Tähtitieteen perusteet
- ▶ **Tavoite:** Opettaa seuraavia perusasioita optisesta tähtitieteestä
- ▶ Havaintolaitteet
- ▶ Havaintomenetelmät
- ▶ Havaintojen suorittaminen
- ▶ Havaintojen analysointi
- ▶ Havaintojen käyttö tutkimuksessa
- ▶ Astrofysikaaliset teoriat opetetaan muilla kursseilla
- ▶ Kurssi tarkoitettu tuleville tähtitieteilijöille
- ▶ **Suoritustapa:** Tenti & laskuharjoitukset
- ▶ 6 laskuharjoitusta
- ▶ Yli 40% laskuharjoituksista suoritettu ⇒ Lisäpisteitä kurssin tenttiin
- ▶ Tentin voi suorittaa myös ilman laskuharjoituksia, jolloin tentin arvostelussa ei saa lisäpisteitä

Esioptinen kausi

Hipparkos, n. 190 – 120 ekr (kuvat: @www.en.wikipedia.org)

- ▶ Muinainen Kreikka – Nykyisin Turkin aluetta
- ▶ Ensimmäinen merkittävä havaitsija
- ▶ Ensi kertaa kvantitatiivinen lähestymistapa
- ▶ Pallotrigonometrisia ratkaisuja
- ▶ Ensimmäinen tähtiluettelo
- ▶ Astrolabi s.o. "tähtikiekko"
- ▶ **Armillaaripallo: mm. ekliptika & meridiaani**
- ▶ Noin 850 tähden paikat ja magnitudit
- ▶ 6 magnitudi luokkaa (edelleen käytössä)
- ▶ Malleja: mm. Kuun ja Auringon liike ja etäisyys



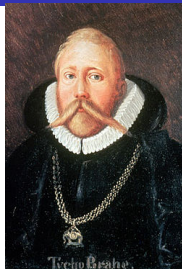
Ptolemaios, n. 90 – 168 jkr

- ▶ Aleksandria, Egypti, Rooman valtakunta
- ▶ Noin 1000 tähden paikat ja magnitudit

Esioptinen kausi

Tyko Brahe, 1546 – 1601 (kuvat: @www.en.wikipedia.org)

- ▶ Tanskalainen
- ▶ Kvadrantti
- ▶ Neljännes ympyrä kaari & tähtäyssauva
- ▶ Soveltui **vain** kulmamittaukseen
- ▶ Tarkkuus alle kaariminuutti
- ▶ 1572 supernova – uusi tähti!
- ▶ Brahen Mars mittaukset ⇒
Kepler: planeettojen liikkeen kolme lakia



Johannes Hevelius, 1611 – 1687

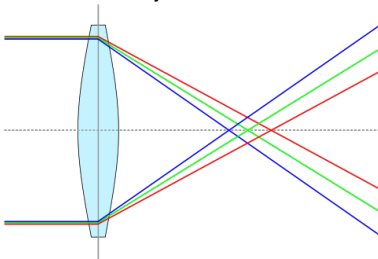
- ▶ Puola & Liettua (Danzig)
- ▶ Viimeinen kulmamittaaja
- ▶ Tarkkuus puoli kaariminuuttia
- ▶ Käytti myös kaukoputkia



Kaukoputken kehitys

Kaukoputki $\Rightarrow$ Uusi aika tähtitieteessä (kuvat: @www.commonswikipedia.org)

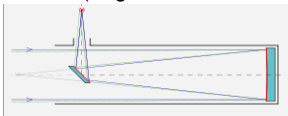
- ▶ Lippershey (Hollanti n. 1570 – 1619): Kaksi linssiä
- ▶ Galilei (Italia, 1564 – 1642): 30x eli kaukoputki
- ▶ Galilei: ymmärsi **mitä** kaukoputkella taivaalla näkyy
- ▶ Kuun kraaterit, Jupiterin kuut, "Uudet tähdet", ...
- ▶ **Linssien** ongelma: väriaberraatio (taitekerroin riippuu aallonpituudesta λ)
- ▶ Pienemmät aallonpituudet taittuvat enemmän
- ▶ Kuva tähdestä sarja sisäkkäisiä erivärisiä ympyröitä $\Rightarrow$ **Ratkaisu: Pidennetään**



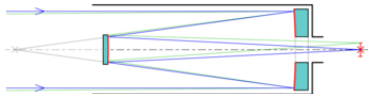
Kaukoputken kehitys

Peilikaukoputket (kuvat: @www.en.wikipedia.org)

- ▶ Heijastuskulma sama kaikilla $\lambda \Rightarrow$ Ei väriaberraatiota
- ▶ Muita ongelmia: esim. apupeili aiheuttaa kuvaan diffraktiota
- ▶ James Gregory (Skotlanti, 1638 – 1675): Paraboloidi & ellipsoidi (**Kuvausvirheet!**)
- ▶ Isaac Newton (Englanti, 1641 – 1727): Pallomainen & tasopeili



- ▶ Laurent Cassegrain (1629 – 1663): Parabolinen & hyperbolinen

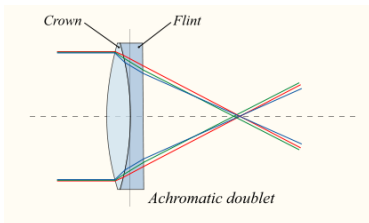


- ▶ Monet **kuvavirheet lähes eliminoiduvat** $\Rightarrow$ Nykyiset kaukoputket: Cassegrain
- ▶ Pääpeili: Metalli (hauras, tummeneva) $\Rightarrow$ **Lasi & hopeakalvo** (n. 1850)
- ▶ Leon Foucault (Ranska, 1819 – 1868) lasipeilien pinnan **Tarkka mittaus:** [www](http://www.foucault.com)

Kaukoputken kehitys

Linssikaukoputket [kuvat: vasen (@www.en.wikipedia.org), oikea (@www.obs.ee)]

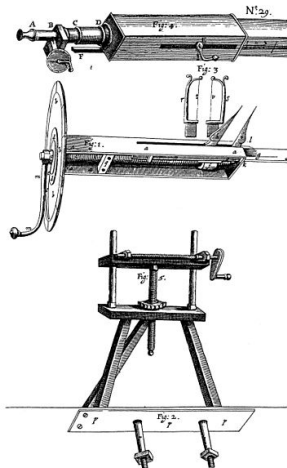
- ▶ Chester Moor Hall (Englanti, 1703–1771)
- ▶ Akromaattinen linssi: **kaksi erilaista lasia**
- ▶ Kupera ja kovera linssi
- ▶ Sama polttoväli vain kahdella λ
- ▶ Joseph Fraunhofer (Saksa, 1787 – 1826)
- ▶ Ekvatoriaalinen jalusta
- ▶ Tarton Observatorio: 9 tuuman päälinssi
- ▶ “Maailman suurin 1820”



Astrometria

Astrometria (kuva: @www.en.wikipedia.org)

- ▶ Paljain silmin & **Kvadrantti**
- ▶ William Gascoigne (Englanti, 1612 – 1644)
- ▶ Kaukoputki & **Hiusristikko**
- ▶ Kaukoputki & **Mikrometri (kuva)**
- ▶ **Meridiaanikone** (akselin suunta: itä – länsi)
- ▶ Kulma $\Rightarrow$ delkinaatio
- ▶ Meridiaanin ohitus aika $\Rightarrow$ rektaskensio
- ▶ Tähtiluettelot noin 1900 asti
- ▶ Kaukoputki & **Valokuvauslevy**
- ▶ Suhteelliset paikat
- ▶ Helsingin Observatorio: Carte du Ciel
- ▶ Kaukoputki & **CCD (Charge-coupled device)**
- ▶ **"Hipparcos"** (1989 – 1993: 118 200 tähteä)
- ▶ High precision **parallax collecting satellite**
- ▶ **Gaia** (ESA, Joulukuu 19, 2013)



Astrometrian historialliset saavutukset

Astrometria Bessel (kuva: @www.en.wikipedia.org)

- Parallaksi

- Maapallo kiertää Aurinkoa
- Tähti lähellä liikkuu säännöllisesti kaukaisten tähtien suhteen
- Saadaan tähden **etäisyys**
- Ensimmäiset mittaukset 1832-1838: Thomas Henderson, Friedrich Georg Wilhelm von Struve, Friedrich Bessel

- Ominaisliike

- Tähti lähellä liikkuu kaukaisten tähtien suhteen
- Saadaan tähden **tangentiaalinopeus kulmamitoissa**
- Jos tunnetaan tähden etäisyys, saadaan **tangentiaalinopeus kilometreissä**

- Gaia mittaa

- Parallaksit = Etäisyydet
- Ominaisliikkeet = Tangentiaalinopeudet
- Radiaalinopeudet
- Kirkkaudet



Gaia satelliitti

Gaia

-**Biljoonalle kohteelle**

- Astrometria
(Astro)

Tangentiaali-
nopeus

- Fotometria
(BP/RP)

kirkkaus

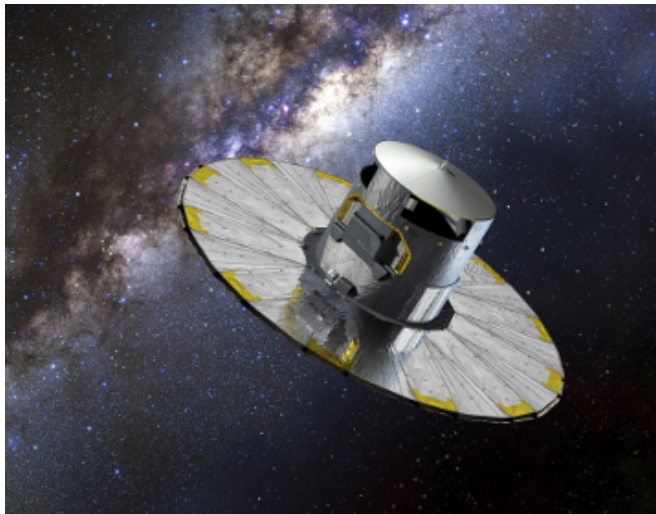
- Spektroskopia
(RVS)

Radiaalinopeus

Lopputuloks:

- Kolmi-
ulotteinen
kartta

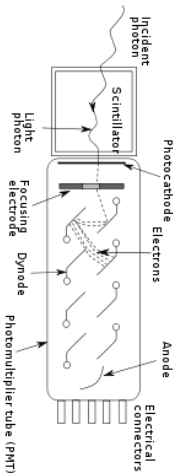
“lähi-
avaruudesta”



Fotometria

Fotometria (kuva: @www.en.wikipedia.org)

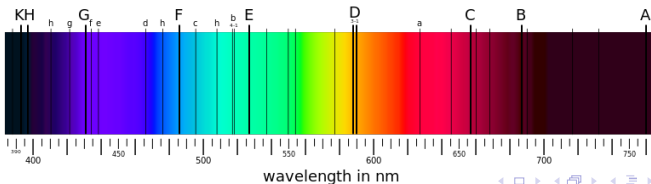
- ▶ Hipparkos: magnitudit $1 - 6$, tarkkuus $\pm 1^m$
- ▶ $a = 90^\circ \rightarrow 45^\circ \Rightarrow 0^m.1$ pois, $a = 45^\circ \rightarrow 10^\circ \Rightarrow 1^m.05$ pois
- ▶ Johann Zöllner (Saksa, 1834 - 1882)
 - Verrataan tähden kuva & **Keinovalolähde**
- ▶ Edward Pickering (USA, 1846 – 1919)
 - **Tähti & Standarditähti (Pohjantähti!)**
- ▶ Joel Stebbins (USA, 1878 – 1966)
 - Fotometri: valo $\Rightarrow$ **seleenin vastus**
- ▶ Paul Guthnick (1879 – 1947), Hans Rosenberg (1879 – 1940)
 - **Fotokatodi:** www valo $\Rightarrow$ **elektroneja alkalimetallista**
 - Nykyfotometrit: **Valomonistinputki** $\Rightarrow$ Virta 10^8 kertainen
 - Kvanttihyötysuhde: 30% sininen, 5–10% näkyvä valo, ...
 - Mitataan kaikki säteily joltain “kaistalta” (esim. UVB)
- ▶ **CCD** $\Rightarrow$ fotometrit historiaan – **ei täysin totta, mm. APT**



Spektroskopia

Spektroskopia (kuva: @www.en.wikipedia.org)

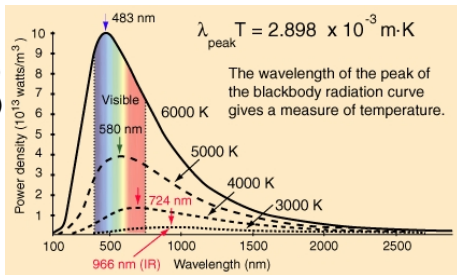
- ▶ Newton: **prisma** ⇒ valon spektrin värit
- ▶ William Herchel (Saksa, Englanti, 1738 -1822)
- ▶ Auringon spektrin lämpötila ⇒ Ei lopu punaiseen
⇒ Keksi vahingossa infrapuna säteilyn
- ▶ William Wollaston (Englanti, 1766 – 1828)
- ▶ Tummat viivat Auringon spektrissä (Kemia: Alkuaineet Paladium & Rodium)
- ▶ Joseph Fraunhofer (mainittu aiemmin)
- ▶ Satoja tummia viivoja Auringon spektrissä & Samat viivat Kuu & Planeetat:
heijastunut valo
- ▶ Viivat liittyvät kohteen ominaisuuksiin & Tunnisti palavan Natriumin (kirkkaat) viivat



Spektroskopia

Spektroskopia (kuva: @bsclarified.wordpress.com)

- ▶ Robert Bunsen (Saksa, 1811 – 1899)
- ▶ (Kemia: Alkuaineet Cesium ja Rubidium)
- ▶ Gustav Kirchhoff (Preussi, 1824 – 1887)
- ▶ Bunsen & Kirchhoff: Kylmä kaasu absorboi samoja λ kuin kuuma emittoi
- ▶ Mustan kappaleen säteily
- ▶ Kuva: Wienin laki
- ▶ Johann Balmer (Sveitsi, 1825 – 1898)
- ▶ Vedyn spektriviivojen [kaava](http://www) www
- ▶ Kvanttimekaniikka $\Rightarrow$ Spektriviivojen synty
- ▶ Spektriviivat: kohteiden koostumus, liike, lämpötila, paine, tiheys, ...



Valokuvaus

Valokuvaus (kuva: @www.boards.ie)

- ▶ John Draper (USA, 1811 – 1882)
- ▶ Metallilevy & Valoherkkä pinnoite
- ▶ Daquerro prosessi [www](#)
- ▶ Huono valoherkkyys & pitkä valotusaika
- ▶ Ensimmäinen kuva Kuusta & Auringon spektri
- ▶ Lasilevy & Märkä valoherkkä emulsio & kehitys heti
- ▶ William Huggins (Englanti, 1842 – 1901)
- ▶ Lasilevy & kuiva emulsio ⇒ Rajaton valotusaika
- ▶ Vegan spektri, muut tähdet, planetaariset sumut & galaksit
- ▶ Carte du Ciel [www](#) (Map of the sky), Helsinki mukana
- ▶ Paikka ja magnitudi
- ▶ CCD syrjäyttänyt valokuvan

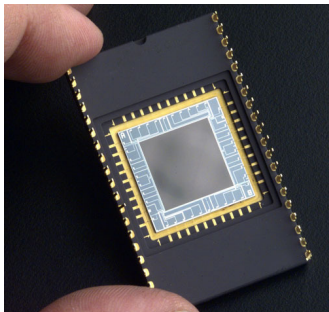


Valosähköiset kuvausmenetelmät

- ▶ Heinrich Rudolf Hertz (Saksa, 1857 – 1894)
- ▶ Valosähköinen ilmiö: sähkömagneettinen säteily irrottaa elektroneja pinnoista
- ▶ Säteilyllä rajataajuus, alemmilla ei tapahdu
- ▶ Albert Einstein (Saksa, 1879 – 1955): Nobelin palkinto ilmiön selvittämisestä
- ▶ W = irrotustyö, $E = hf$ = fotonin energia
- ▶ Jos $E > W \Rightarrow E_k = E - W = \frac{1}{2}m_e v^2$
- ▶ Willard Boyle (USA, Kanada, 1924 – 2011)
- ▶ George Smith (USA, 1930 –)



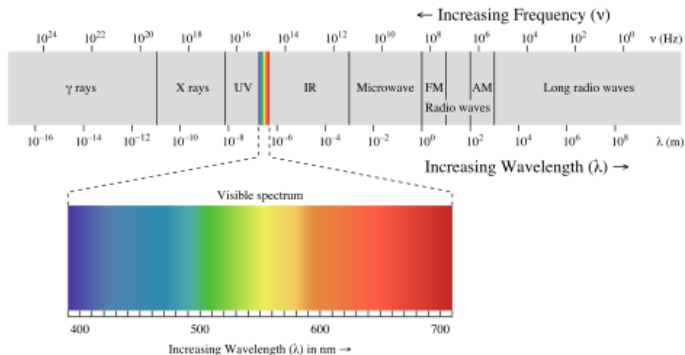
- ▶ Nobelin palkinto 2009 (kuvat: www.en.wikipedia.org)
- ▶ 1969: AT&T Bell Laboratories, USA
- ▶ Selventävä kuva [Basics of operation](#) [www](#)



Havaitsevan tähtitieteen jaottelu

Aallonpituus (kuvi:

- ▶ Gamma
- ▶ Röntgen
- ▶ Ultravioletti
- ▶ Optinen
- ▶ Infrapuna
- ▶ Radio



Optinen alue

- ▶ Fotometria
- ▶ Polarimetria
- ▶ Spektroskopia
- ▶ Kuvaaminen
- ▶ Astrometria

Suomen optinen tähtitiede

Observatoriot [kuvat: vasen (@www.usu.edu), oikea (@www.universetoday.com)]

- ▶ Turku, 1819
- ▶ Helsinki, 1834
- ▶ Tuorla, 1952
- ▶ Metsähovi, 1971
- ▶ Nordic Optical Telescope, 1988



- ▶ European Southern Observatory, 2004
- ▶ ESO - European Southern Observatory [www](http://www.eso.org)
- ▶ FINCA - Finnish Centre for Astronomy with ESO [www](http://www.fincea.org)

Pähkinä (kuva: @Wikipedia)

Miksi Suomessa täysikuu on keskiyöllä aina etelässä?

