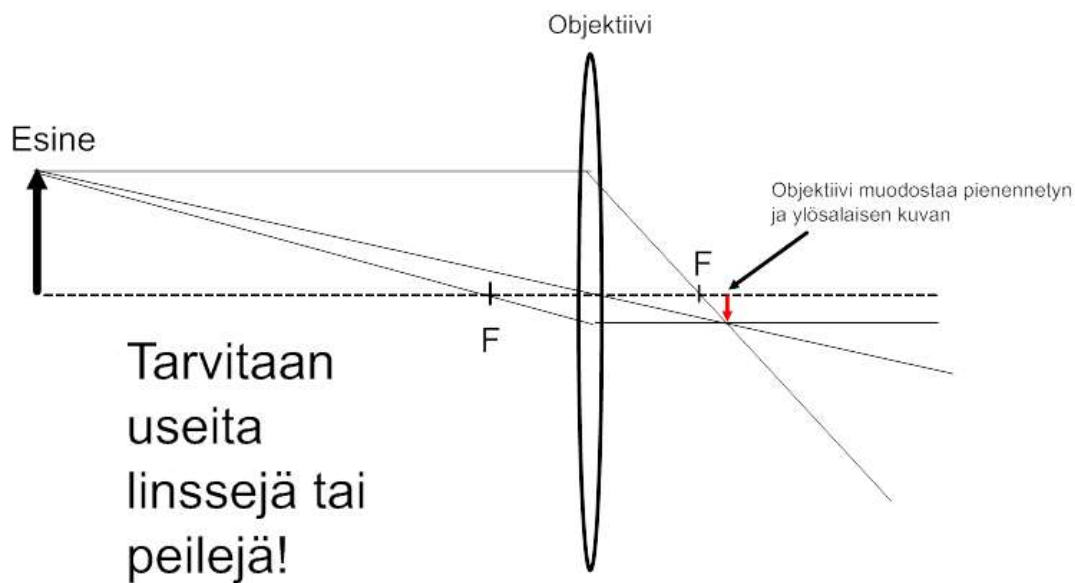
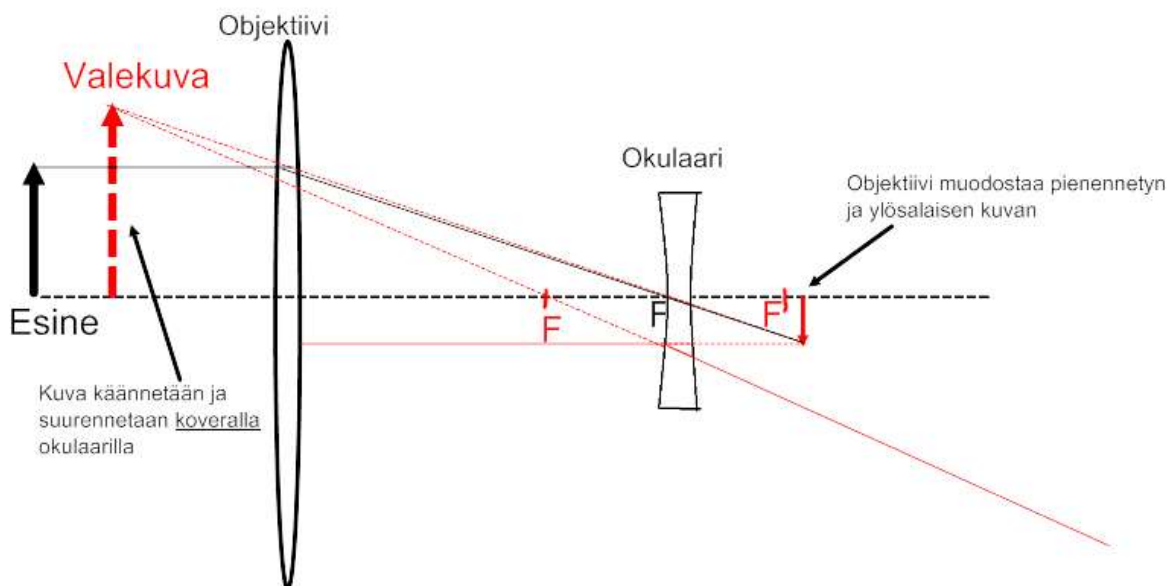


# Kokeellisen tiedonhankinnan menetelmät

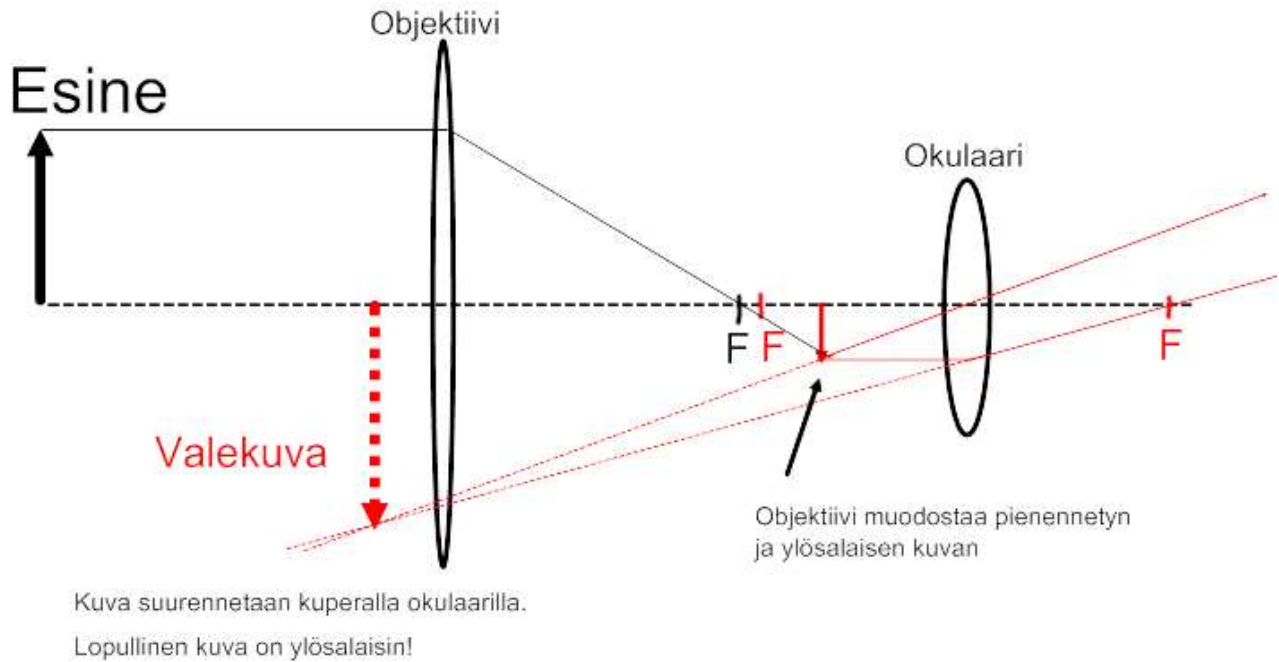
Ongelma: Tähdet ovat kaukana...



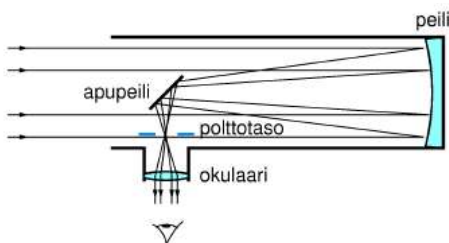
## Galilein kaukoputki



# Tähtikaukoputki



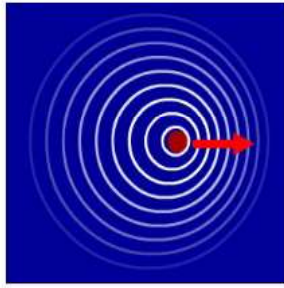
Parhaat tähtikaukoputket ovat peilikaukoputkia, koska hyvin suuria ja korkealaatuisia linssejä on vaikea valmistaa.



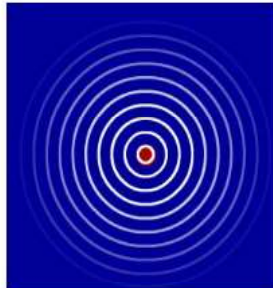
Peilikaukoputkea kutsutaan myös REFLEKTORIKSI. Linsseekaukoputki on silloin REFRAKTORI.

# Avaruuden tutkiminen säteilyn avulla

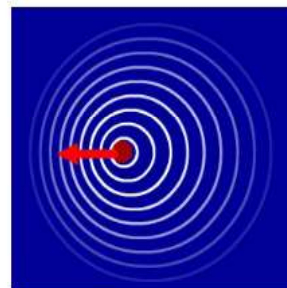
-DOPPLERIN ILMIO paljastaa, onko kaukainen tähti loittonemassa meistä, onko se paikallaan vai tuleeko se kohti



Aaltolähde etenee oikealle



Aaltolähde on paikallaan



Aaltolähde etenee vasemmalle

Jos paikallaan oleva aaltolähde lähettää aaltoliikettä, jonka etenemisnopeus on  $c_0$ , kyseinen aalto toteuttaa samalla perusyhtälön

Etenemisnopeus = Aallonpituus · Taajuus

eli  $c_0 = \lambda_0 f_0$ .

Jos aaltolähde loittonee havaitsijasta nopeudella  $v$ , havaittava aallonpituus **KASVAA** eli

$$\lambda = \lambda_0 + v \cdot T_0 = \lambda_0 + \frac{v}{f_0} \quad | T_0 = \text{jaksonaika} = 1/f_0$$

Näkyvän valon tapauksessa aallonpituudet siirtyvät **PUNAISEEN** väriin päin, jolloin ilmiötä kutsutaan **PUNASIIRTYMÄKSI**. Tähdien tapauksessa se on siis merkki siitä, että tähti etenee havaitsijasta pois päin.

Jos taas aaltolähde etenee havaitsijaa kohti, havaittava aallonpituus pienenee eli

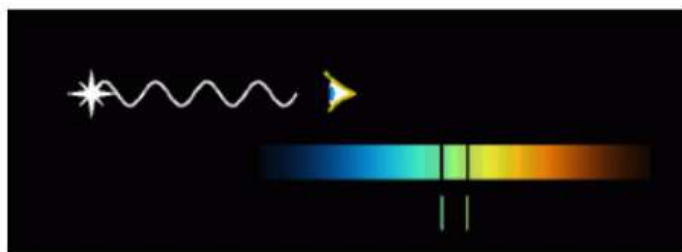
$$\lambda = \lambda_0 - v \cdot T_0 = \lambda_0 - \frac{v}{f_0}$$

Tällöin valon aallonpituudet siirtyvät **SINISEEN** väriin päin eli kyseessä on **SINISIIRTYMÄ**.

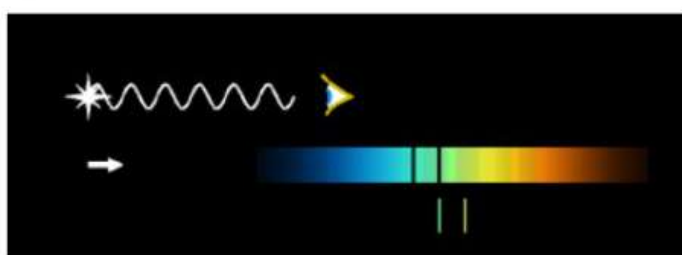
# Kolme spektriä eli aallonpituusjakaumaa:

Lähde: Turun yliopiston

avaruusfysiikan laitos



Laboratoriossa mitattu spektri



Sinisiirtymä

## ESIMERKKI

Tähti loittonee maapallosta nopeudella 10000 km/s. Kuinka paljon vedyn  $H_{\alpha}$ -spektiviivan aallonpituus muuttuu?

Ratkaisu:

$$\lambda_0 = 656 \cdot 10^{-9} \text{m}$$

$$c_0 = 3,00 \cdot 10^8 \text{m/s}$$

$$\text{Silloin } f_0 = \frac{c_0}{\lambda_0} = \frac{3,00 \cdot 10^8 \text{m/s}}{656 \cdot 10^{-9} \text{m}} \approx 4,57 \cdot 10^{14} \text{ 1/s} \\ = 4,57 \cdot 10^{14} \text{ Hz.}$$

Aallonpituuden muutos

Sijoitetaan  
SI-yksiköissä

$$\Delta\lambda = \frac{v}{f_0} = \frac{100000000 \text{ m/s}}{4,57 \cdot 10^{14} \text{ 1/s}} \approx 22 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 22 \text{ nm.}$$

## Mitä muuta tähtien valo kertoo?

- spektriviivoista voidaan päätellä alkuaine-koostumus
- spektriviivojen levenemästä voidaan päätellä että tähti PYÖRII: sini- ja punasiirtymät esiintyvät yhtä aikaa
- EMISSIOSPEKTRI tarkoittaa sitä, että aine lähettää säteilyä
- ABSORPTIOSPEKTRI tarkoittaa puolestaan sitä, että tietty aine imee eli absorboi säteilyä tiettyjä aallonpituuksia eli niitä, joita se itse emittoi

## Vedyn emissiospektri



- vähän elektroneja (vetyatomissa vain yksi), joten mahdollisia energiatilojen muutoksia on myös niukasti

## Heliumin emissiospektri



- selvästi enemmän spektriviivoja
- vetyä ja heliumia on löydetty kaikista tähdistä
- tämä tieto yhdessä näiden alkuaineiden runsaan esiintymisen kanssa on auttanut hahmottamaan maailman-kaikkeuden syntyä

- tähdet voidaan jakaa ns. spektriluokkiin, jotka kertovat tähden pintalämpötilasta

Luokka	Lämpötila	Meille näkyvä väri	Todellinen väri [4][5]	Massa (Auringon massaa) [6]	Säde (Auringon sädettä) [6]	Luminositeetti [6]	Vedyn viivat	% Pääsarjan tähdistä [7]
O	30 000–60 000 K	sininen	sininen	$> 16 M_{\odot}$	$> 6,6 R_{\odot}$	$30\,000 L_{\odot}$	Heikot	-0,00003 %
B	10 000–30 000 K	sininen-sinivalkea	sinivalkea	$2,1\text{--}16 M_{\odot}$	$1,8\text{--}6,6 R_{\odot}$	$25\text{--}30\,000 L_{\odot}$	Keskinkertaiset	0,13 %
A	7 500–10 000 K	valkea	valkea	$1,4\text{--}2,1 M_{\odot}$	$1,4\text{--}1,8 R_{\odot}$	$5\text{--}25 L_{\odot}$	Vahvat	0,6 %
F	6 000–7 500 K	keltavalkea	valkea	$1,04\text{--}1,4 M_{\odot}$	$1,15\text{--}1,4 R_{\odot}$	$0,6\text{--}1,5 L_{\odot}$	Keskivahvat	3 %
G	5 000–6 000 K	keltainen	keltavalkea	$0,8\text{--}1,04 M_{\odot}$	$0,96\text{--}1,15 R_{\odot}$	$1,5\text{--}5 L_{\odot}$	Heikot	7,6 %
K	3 500–5 000 K	oranssi	keltaoranssi	$0,45\text{--}0,8 M_{\odot}$	$0,7\text{--}0,96 R_{\odot}$	$0,08\text{--}0,6 L_{\odot}$	Hyvin heikot	12,1 %
M	2 000–3 500 K	punainen	oranssinpunainen	$< 0,45 M_{\odot}$	$< 0,7 R_{\odot}$	$< 0,08 L_{\odot}$	Hyvin heikot	76,45 %

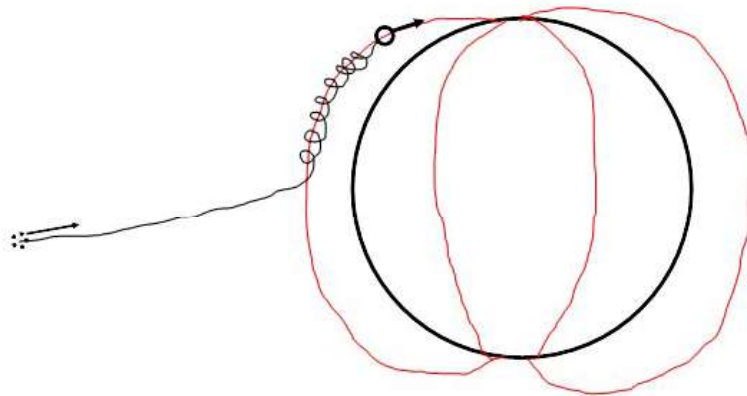
Lähde: Wikipedia

KOSMISEKSI SÄTEILYKSI nimitetään kaukaa avaruudesta peräisin olevaa hiukkassäteilyä, joka on lähinnä protoneja ( $H^+$ ) tai alfahiukkasia ( ${}^4He^{2+}$ ). Joukossa voi olla myös elektroneja ( $e^-$ ).

Huomattava osa kosmisesta säteilystä on siis varattuja hiukkasia, jotka kulkeutuvat avaruudessa pitkiä matkoja tähtien ja planeettojen magneettikenttien ohjaamina.



Maapallon magneettikenttä ohjaa nämä hiukkaset napa-alueille, jolloin nähdään REVONTULIA. Avaruudesta saapuvat varatut hiukkaset joutuvat silloin magneettikentän kenttäviivan vangiksi:



Revontulien vihreä väri syntyy, kun avaruudesta tulevat protonit ja elektronit virittävät ilmakehän happiatomeja. Myös punaiset revontulet ovat peräisin happiatomeista.

Vrt. hapen spektri:

