

Ilmakehän vaikutus havaintoihin

Ilmakehän häiriöt (kuva: @www.en.wikipedia.org)

- ▶ **Sää:** pilvet, sumu, sade, turbulenssi, lämpötilan vaihtelut



- ▶ **Ekstinktio:** säteily ei pääse läpi tai heikkenee (absorptio, sironta)
- ▶ **Diffuusi valo:** sironta, epäpuhtaudet, ionosfäärin hehku, valosaaste
- ▶ **Seeing:** taitekertoimen vaihtelu liikuttaa kohteen kuvaa
- ▶ **Refraktio:** kohteet näkyvät todellista korkeammalla



Sää

Sää (kuva: @www.news.discovery.com)

- ▶ Useimmat sääilmiöt **troposfäärissä** [www](#)
- ▶ Mitä korkeammalla, sitä parempi
- ▶ Mitä kuivempaa, sitä parempi
- ▶ Yläpilvet keskimäärin 10 km
- ▶ Suomi: 30 selkeää yötä/vuosi
- ▶ ESO, Chile: > 340 selkeää yötä/vuosi
- ▶ Ilman turbulenssi
- ▶ Lämpötilan vaihtelut
- ▶ Kylmä merivirta ⇒ Aavikko
⇒ Pilvetön, kuiva, vähäinen turbulenssi



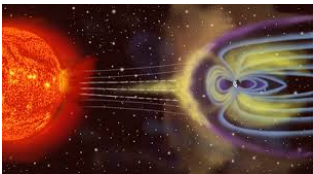
Sironta: “säteily tai liikkuva hiukkanen **muuttaa suuntaansa** kohdatessaan esteen tai tiheyden muutoksen aineessa”

Absorptio: “fotonin **energia siirtyy** esimerkiksi atomille ...”

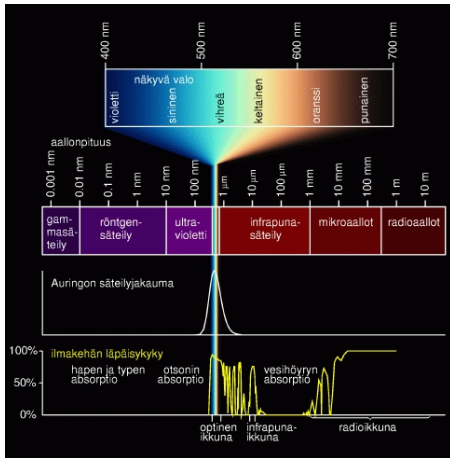
Ekstinttio

Ekstinttio [kuvat: vasen (@www.setterfield.org), oikea (@www.astro.utu.fi)]

- ▶ Säteily heikkenee: siroaa tai absorboituu
- ▶ Vaihtelee kohteen korkeuden mukaan
- ▶ Vaihtelee säteilyn λ mukaan
- ▶ **Läpinäkymätön:** lyhyet λ
- ▶ **“Optinen ikkuna” (300-800nm)**
- ▶ **“IR ikkuna” (μm alueessa aukkoja)**
- ▶ **Läpinäkymätön:** vesi & happi absorptio
- ▶ **“Radio ikkuna” (1mm-20m)**



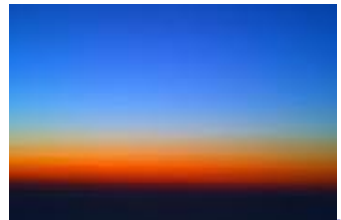
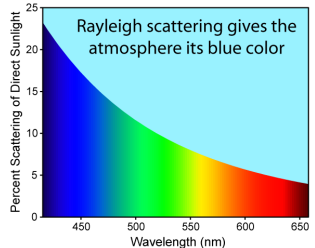
- ▶ **Läpinäkymätön:** Ionosfääri heijastaa \Rightarrow vuorokauden aika & Auringon aktiivisuus



Diffuusi valo

Diffuusi valo [kuvat: ylä (@www.en.wikipedia.org), ala (@www.en.wikipedia.org)]

- ▶ Taivaalla hajavaloa \Rightarrow Taustan pintakirkkaus $\neq 0^m$
- ▶ Tausta pyritään eliminoimaan havainnoista
Ilmakehästä sironnut valo $\propto \lambda^{-4}$ **kaavat:** www
- ▶ Yhden pienen hiukkasen
 $I = I_0 \cdot (2\pi/\lambda)^4 \dots \Rightarrow \lambda$ pieni siroaa useammin
- ▶ Hiukkasen läpimitta (“cross section”)
 $\sigma_S = \dots d^6/\lambda^4 \dots \Rightarrow \lambda$ pieni siroaa useammin
- ▶ Yhden molekyylin
 $I = I_0 (\dots/\lambda^4 \dots) \dots \Rightarrow \lambda$ pieni siroaa useammin
- ▶ λ pieni \Rightarrow Monta “satunnaisaskelta” $\Rightarrow I \rightarrow 0$
- ▶ Sininen valoa siroaa ilmakehän yläosissa
- ▶ Punainen valo pääsee helpommin läpi
- ▶ “Taivas on sininen ja valkoinen, ja ... “
- ▶ “Taivas on musta ja aurinko valkoinen, ja ... ”
- ▶ Iltarusko kuva korostaa ilmamassan vaikutusta



Diffuusi valo

Diffuusi valo (kuva: @en.wikipedia.org)

Ilmahehku

- ▶ 80 – 120 km korkeudessa
- ▶ Auringon valo \Rightarrow molekyylit atomeiksi
- ▶ Yöllä rekombinaatio \Rightarrow ilmahehku

Eläinratavalo

[www](#)

- ▶ Aurinkokunnan pölyhiukkasten heijastus
- ▶ Syntyy ekliptikan tasossa
- ▶ Näkyy parhaiten ekvaattorin lähellä
- ▶ Vaikea havaita Suomessa

Revontulet

- ▶ Haittaavat vain lähellä maan napoja

Valosaaste

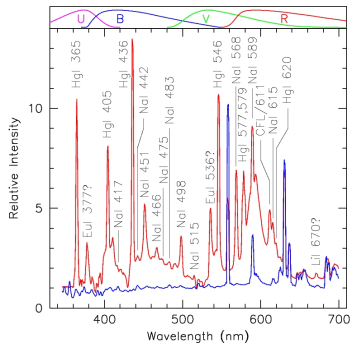
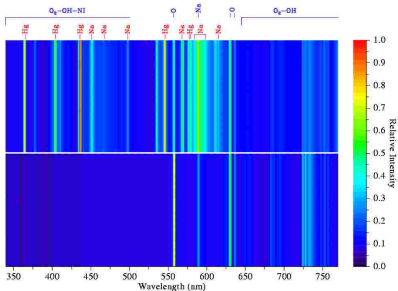
- ▶ Ilmakehä sirottaa ihmisen valolähteitä
- ▶ Nykyobservatoriot kaukana asutuksesta



Diffuusi valo

Diffuusi valo (kuvat: @www.eso.org)

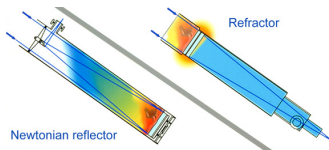
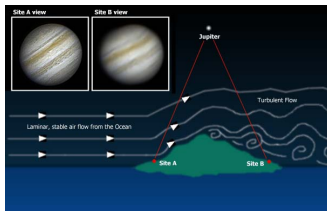
- ▶ Asiago Observatory, Italia (vasen: ylä) & ESO-Paranal, Chile (vasen: ala)
- ▶ Valosaaste (oikea: punainen), Ei valosaastetta (oikea: sininen)
- ▶ UBVR fotometria kaistat (ongelmia B:ssä)



Seeing

Seeing [kuvat: ylä (@www.damianpeach.com), ala (@www.garyseronik.com)]

- ▶ **Kuva 2.4.** Himmeät kohteet “katoavat”
Ilmakehän virtaukset
- ▶ Turbulenttinen ilmakehä ⇒ huono seeing
- ▶ Tasainen ilmavirtaus ⇒ hyvä seeing
- ▶ Observatorion sijainnin valinta
Observatorion lähiympäristö
- ▶ Maaston tummat pinnat: lämpösäteily yöllä ⇒ paikallista turbulenssia
- ▶ Luodaan tarvittaessa vaaleita pintoja
Torni & Kaukoputki & Laitteet
- ▶ Lämpötila sama kuin ulkoilman
- ▶ Päivälläkin lähellä yön olosuhteita
- ▶ Rakenteet: vaaleat ulkopinnat
- ▶ Putken tuuletus & Peilin lämpötila
- ▶ Lämpölähteiden minimointi (havaintsija mukaan lukien)



Refraktio

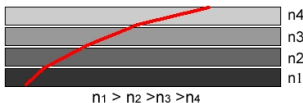
Refraktio (kuva: @www.mike-willis.com)

- ▶ Paine (P) & lämpötila (T) \Rightarrow Tiheys (ρ) \Rightarrow Taitekerroin (n)
- ▶ $\sin \theta_1 / \sin \theta_2 = n_2 / n_1 = n =$ taitekerrointen suhde

Snell's Law



$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

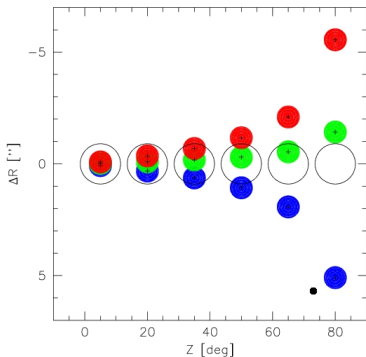


- ▶ Suunta muuttuu kaikilla rajapinnoilla \Rightarrow Koko reitin ratkaisu vaikea \Rightarrow Arvioita
- ▶ $R =$ kuinka näkyy paljon todellista korkeammalla
- ▶ $R = [P / (273 + T)] 0.00452^\circ \tan(90^\circ - a)$, kun $a \geq 15^\circ$ (Arvio $a < 15^\circ$ kurssikirjassa)
- ▶ Teleskoopin suuntauksessa refraktiokorjaus & Astrometriassa refraktiokorjaus

Refraktio

Differentiaalirefraktio [Kuvat: vasen (@www.eso.org), oikea (@www.cs.cmu.edu)]

- ▶ Kuva hajoo spektriä lähellä horisonttia
- ▶ Differentiaalirefraktio: La Silla
- ▶ Differentiaalirefraktio: Venus



Pähkinä (kuva @Wikipedia)

Ihmisen silmä pystyy arvioimaan tähtien kirkkauksien eron jopa kymmenys osa magnitudin $0.^m1$ tarkkuudella. Miksi Hipparkos ja Ptolemaios pystyivät määrittämään tähtien kirkkauden vain yhden magnitudin $1.^m0$ tarkkuudella?

