

Uvod u astronomiju

Apolo 8: pogled na Zemlju sa Meseca



*Spirit misija: Zalazak Sunca
na Marsu*

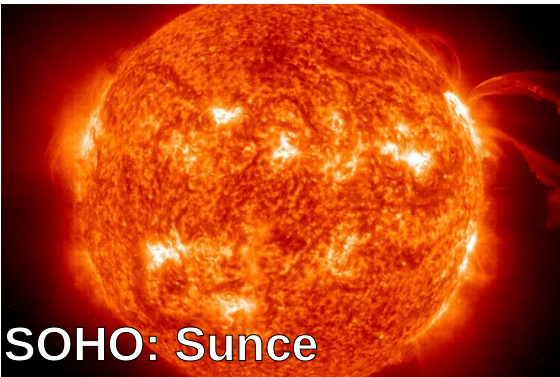
Zvezde (zajedno sa **planetama** i ostalim, manjim, nebeskim telima koja su pod gravitacionim uticajem te zvezde) – **zvezde: sopstveni izvor energije**

Međuzvezdana materija (čine je gas i čestice kosmičke prašine): magline, atomski i molekulski oblaci, udarni talasi,...

Galaksije i međugalaktička materija

**Jata i super jata
galaksija**

Vasiona



SOHO: Sunce



Sombrero galaksija (M104)

- Astronomija ima za cilj da OBJASNI posmatrane pojave i to putem kritičkog promišljanja
- Kritička misao odsustvuje kod onih ljudskih delatnosti koje se često lažno predstavljaju kao nauka ili se pak deklarišu kao anti-naučne
- U nauci nije dovoljno samo uočiti neki fenomen, već ga je potrebno i naučno objasniti
- Naučni iskazi moraju biti, pre svega opovrgljivi i logički konzistentni

- Naučna teorija predstavlja jedno naučno objašnjenje razmatrane pojave, koje svakako mora biti proverljivo
- U empirijskim naukama i nema dokaza kakvi se često sreću npr. u matematici
- Svaka danas važeća naučna teorija je ona koja je trenutno najviše podržana, a ne strogo formalno dokazana
- Pojam naučne teorije se često pogrešno interpretira kao tek neka puka pretpostavka ili nagađanje o prirodi nekog fenomena
- Takav vid pogrešnog razumevanja i relativizacije pojma naučne teorije se baš naširoko i korisiti od strane zagovornika pseudo-nauka i antinauka

- Insistiranje na strogim definicijama je često kontraproduktivno
- Definicije donekle imaju opravdanost tek po kompletiranju jedne teorije, a ne tokom samog istraživanja
- Slično je i sa forsiranjem preciznih klasifikacija u nauci
- Precizne taksonomije i formalizacije dolaze na kraju nekog istraživanja
- U astronomiji je zato važno da se definicije i klasifikacije shvate samo kao okvirne smernice, a ne kao stroga pravila

- Zakoni se mogu pripisati samo onim pojavama koje se ponavljaju
- Ukoliko se prilikom analize astronomskih posmatranja utvrdi da postoje izvesne zakonitosti, onda je zadatak astronomije i (u suštini, probabilistička) PREDIKCIJA
- Svakoj vezi između bilo koje dve pojave $\mathcal{A}$ i $\mathcal{B}$ nije opravdano da se pripisuje posebna važnost ukoliko prethodno ne postoji dobra ideja, odnosno teorijski razlog zašto bi te $\mathcal{A}$ i $\mathcal{B}$ uopšte trebalo da budu povezane
- Upadanje u zamku besmislenih korelacija je upravo ono što daje vetar u leđa astrologiji i drugim lažnim naukama
- Neke od danas besmislenih korelacija mogu jednog dana prestati da budu besmislene samo, naravno ukoliko se pojavi odgovarajuća naučna teorija odgovarajućeg uzroka

- Koncept objektivnosti podrazumeva da je reč o odlici nezavisnoj od posmatrača – o odlici koja nije subjektivna
- Iskaz o tome da se planeta Zemlja kreće po eliptičnoj putanji oko Sunca koje se pak nalazi u jednoj žiži predstavlja primer objektivne tvrdnje – ona nije samo nezavisna od posmatrača već je i suprotna prosto empiriji
- Česta je zablude da objektivnost podrazumeva nepristrasnost ili neutralnost u odnosu na sva postojeća gledišta – takav koncept objektivnosti dovodi do ideje da se u svakom sporu mora čuti i druga strana, bilo ona naučna ili ne, što često predstavlja izgovor za mnogobrojne zloupotrebe
- Naučnici diskutuju o konkretnim problemima u okviru seminara, konferencija, simpozijuma, kongresa, te putem recenziranih naučnih radova publikovanih u odgovarajućim časopisima

- Svaka pojava nekog naučnika u medijima ima smisla samo ako je on u ulozi prosvetitelja koji prenosi savremena naučna saznanja širem auditorijumu
- Primer kognitivnog poremećaja: osobe s manjkom veština i znanja u nekoj oblasti pate od iluzorne superiornosti, greškom verujući da su njihove veštine mnogo veće nego što zapravo jesu
- Iz tog razloga, nažalost nisu retki neprimereni komentari o astronomskim temama u medijima od strane stručnjaka iz različitih neastronomskih profesija, koji tako stvaraju veliku konfuziju kod laika
- Pod izgovorom slobode govora, a zapravo zbog težnje ka sve većoj gledanosti, mnogi mediji forsiraju baš takve, neprimerene programe

- Za astronomiju se obično kaže da spada u najstarije fundamentalne nauke, ako ne i da je baš najstarija
- U prilog te tvrdnje se tako navodi da su ljudi, od kada postoje, posmatrali različite nebeske pojave, te prepoznavali pravilnosti u dešavanju pojedinih kosmičkih fenomena
- Naravno, slično se npr. može reći i za medicinu, jer od kada je ljudi postoji potreba za održavanjem zdravlja
- U slučaju astronomije, kao i drugih nauka, najpre je praktikovano samo uočavanje pojava, dok se na naučno objašnjavanje istih čekalo dosta dosta dugo vremena
- U tom smislu astronomija nije ništa starija od većine ostalih empirijskih nauka (koje se razvijaju od vremena Galileja)

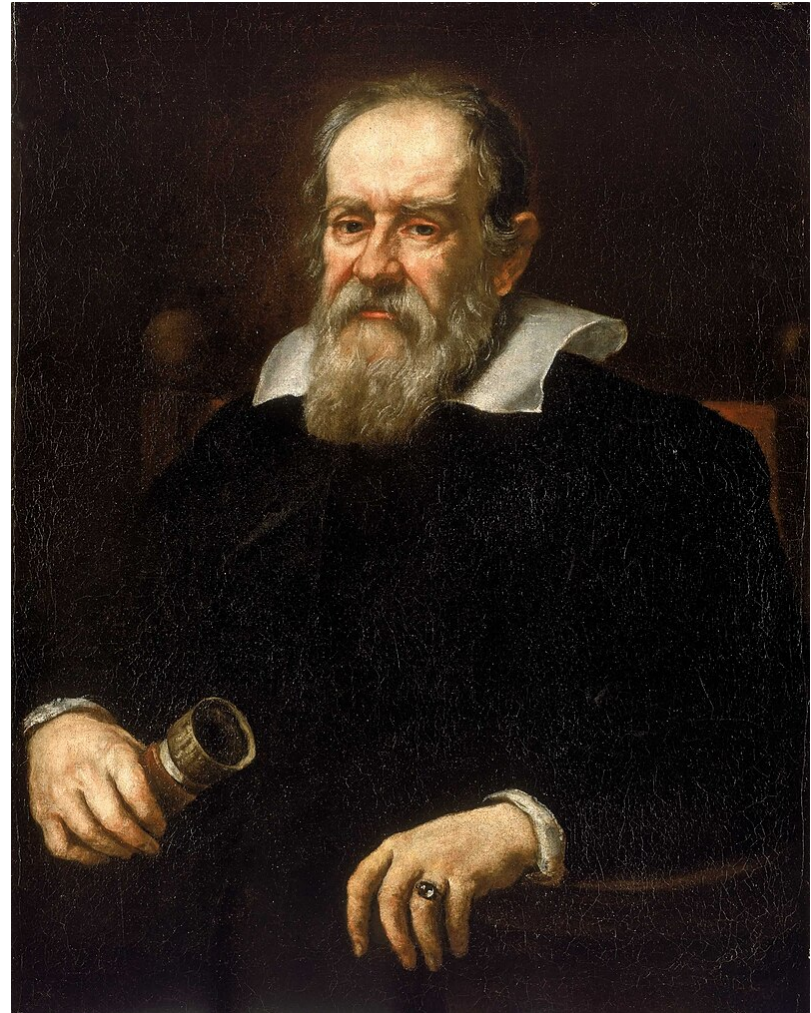
Galilej

Otac savremene empirijske nauke

Misaoni eksperiment

Laboratorijski eksperiment

Teleskop u astronomiji



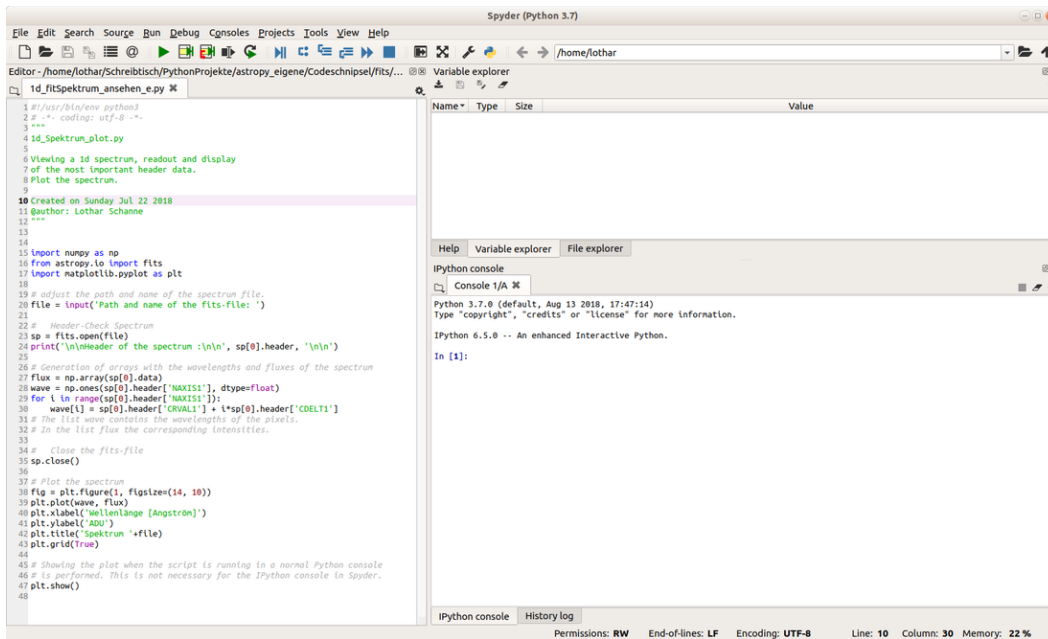
- Uočavanje pravilnosti u (sada znamo, prividnom) kretanju nebeskih tela, kao i uspostavljanje veze između astronomskih pojava i promene godišnjih doba, svakako je bilo od presudnog značaja za rane civilizacije, posebno one vezane za zemljoradnju
- Iz tog razloga su se astronomska posmatranja praktikovala još u veoma dalekoj prošlosti ljudskog društva
- U početku su uglavnom posmatranja bila vezana za odgovarajuća ugaona merenja prividnih položaja nebeskih tela ili ocene njihovog prividnog sjaja uz pomoć isključivo ljudskog čula vida
- Može reći da upravo astronomska posmatranja spadaju među najstarija empirijska istraživanja

- U okviru astronomskih nauka se uopšte izučavaju različita nebeska tela, sistemi nebeskih tela, te međusistemska sredina, i to kako pojedinačno, tako i u celini.
- Tako se može govoriti o npr. planetarnoj astronomiji, zvezdanoj astronomiji, te Galaktičkoj i vangalaktičkoj astronomiji. Tu su i kosmologija (proučavanje svemira u celini) i kosmogonija (razmatranje postanka i evolucije konkretnih nebeskih tela i sistema).
- Ukoliko su istraživanja u astronomiji zasnovana na nekim konkretnim nosiocima informacija, moguće je diskutovati o npr. radio-astronomiji, kao i infracrvenoj, optičkoj, ultraljubičastoj, te rendgenskoj (X) i γ -astronomiji, neutrinsku astronomiju, kao i astronomiju kosmičkih zraka ili uopšte astročestičnu fiziku, te astronomiju gravitacionih talasa.
- Ukoliko se u razmatranjima koristi više različitih nosioca informacija onda je pogodno da se razmatra astronomija više nosioca informacija.

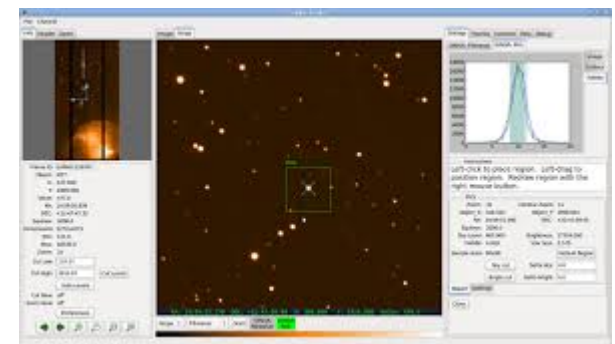
- Neke klasične oblasti astronomskih nauka su recimo astrometrija (ispitivanje uglavnom prividnih položaja i kretanja nebeskih tela, te njihovih udaljenosti) i nebeska mehanika (uglavnom analiza pravih kretanja nebeskih tela).
- Ako je akcenat prevashodno na fizici problema od interesa, tada se govori o astrofizici.
- Ispostavlja se da astrofizička razmatranja obuhvataju značajan deo aktivnosti u okviru moderne astronomije. Baš iz tog razloga poneki autori onda veoma grubo klasifikuju savremene astronomske nauke u dve oblasti, tzv. klasičnu astronomiju i astrofiziku.

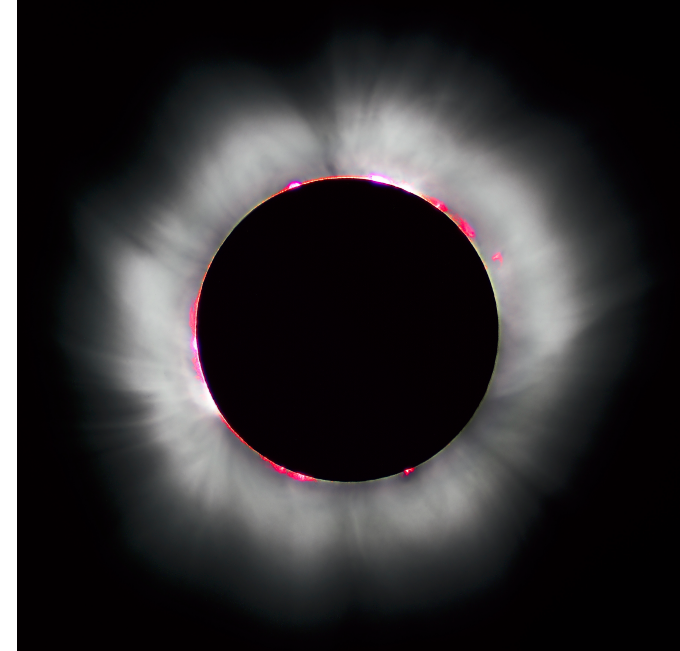
- Nisu retke ni različite multidisciplinarne oblasti kao što su i astrohemija, astroinformatika, te astrobiologija.
- Posebno je važno naglasiti i potrebu za razmatranjima različitih astronomskih faktora rizika po biosferu na planeti Zemlji, kao i uopšte svih mogućih rizika globalnih katastrofa.
- Sprega geonauka i astronomije je takođe od velikog značaja kada je reč recimo o istraživanju nebeskih tela Sunčevog sistema.
- Pored same istorije astronomije, ponekada se izdvaja i arheoastronomija.
- Pomenimo još i astronautiku, te posebno astrodinamiku.

- Nekada se posebno ističu teorijske i tzv. praktične discipline
- Tada se pod teorijskim delatnostima podrazumeva naučno objašnjavanje astronomskih fenomena i predikcija ukoliko se ustanove zakonitosti, a pod praktičnim se misli na skup svih delatnosti koje imaju za cilj ostvarivanje što kvalitetnijih astronomskih eksperimenata i naučne obrade tako dobijenih podataka



Savremeni astronom =
fizičar, matematičar, programer





**Totalno pomračenje Sunca avgusta 1999.
godine – vidljivo iz Srbije – TOTALITET SME I
VALJA DA SE POSMATRA GOLIM OKOM,
DOK SE DELIMIČNO I NEPOMRAČENO
SUNCE NE SME GLEDATI BEZ ZAŠTITE!!!**

**Nažalost, trenutno
vlada velika
astronomska
nepismenost!!!**

U poslednje vreme je veliki procvat PSEUDONAUKKE kao i ANTINAUKKE

Problemi naučne popularizacije

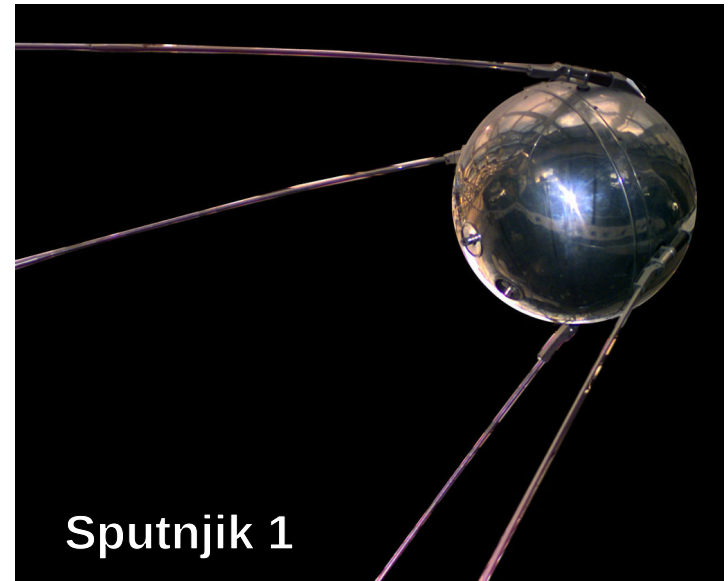
Specifičnosti astronomskih istraživanja

- Astronomsko posmatranje (kako saznajemo o nebeskim telima)
- Predmet proučavanja je nedostupan i dalek
- Osnovni nosilac informacija, i dugo vremena jedini, je elektromagnetno zračenje nebeskih tela
- Elektromagnetno zračenje nebeskih tela je rezultat velikog broja procesa koji međusobno interaguju i deluju istovremeno
- Procesi koji se izučavaju ne mogu se ni ubrzati, ni usporiti. Na njih se ne može uticati – to je ujedno i osnovna razlika u odnosu na fizički eksperiment

Nosioci informacija

- Elektromagnetno zračenje, kosmički zraci, neutrini, gravitacioni talasi,...
- Ljudsko čulo vida detektuje samo tzv. vidljivo elektromagnetno zračenje, a Zemljina atmosfera propušta vidljivo zračenje i radio-talase
- 1930-te: Radio-astronomija
radio-nebo ne liči na optičko!!!
Novi objekti, novi mehanizmi emisije
- 4. 10. 1957 – kosmička revolucija
(prvi veštački satelit)
- Multifrekvenciona astronomija
različiti dizajn kolektora i detektora

Dodatno: posmatranje više nosioca informacija



Osnovne interakcije u prirodi

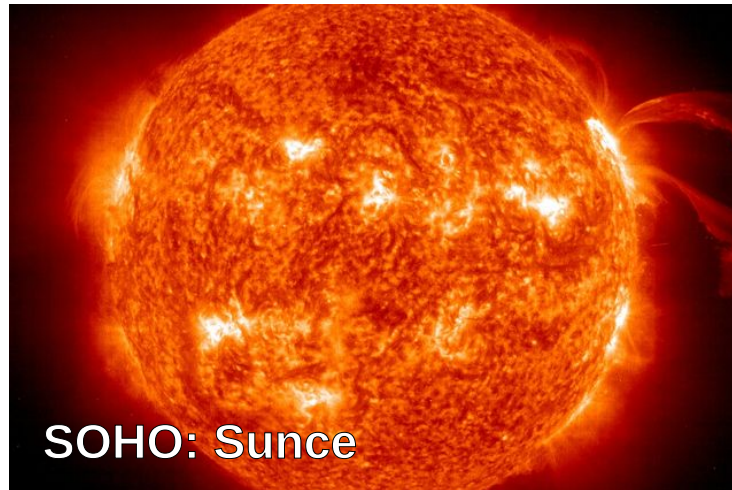
- Velike prostorne skale (makrosvet) – dominira gravitaciono polje (sila)
- Elektromagnetno polje (sila)
- Slaba i jaka nuklearna interakcija (sila) – dominiraju u mikrosvetu
- Mikrosvet – kvantna mehanika – kvantni objekti
- Čovekova prostorno-vremenska skala ne odgovara ni mega ni mikro svetu

Proučavanje prirode

- Klasična mehanika – opisuje makrosvet, male brzine - nerelativistička i velike brzine - relativistička
- Kvantna mehanika – teorija koja opisuje mikrosvet (nerelativistička i relativistička)
- Teorija gravitacije (Njutn, Ajnštajn)
- Elektrodinamika (teorija elektromagnetnog polja)

Stanja materije

- Čvrsto, tečno, gasovito agregatno stanje
- Plazma - preko 90% materije u Vasioni
- Egzotična materija (tamna materija, tamna energija)



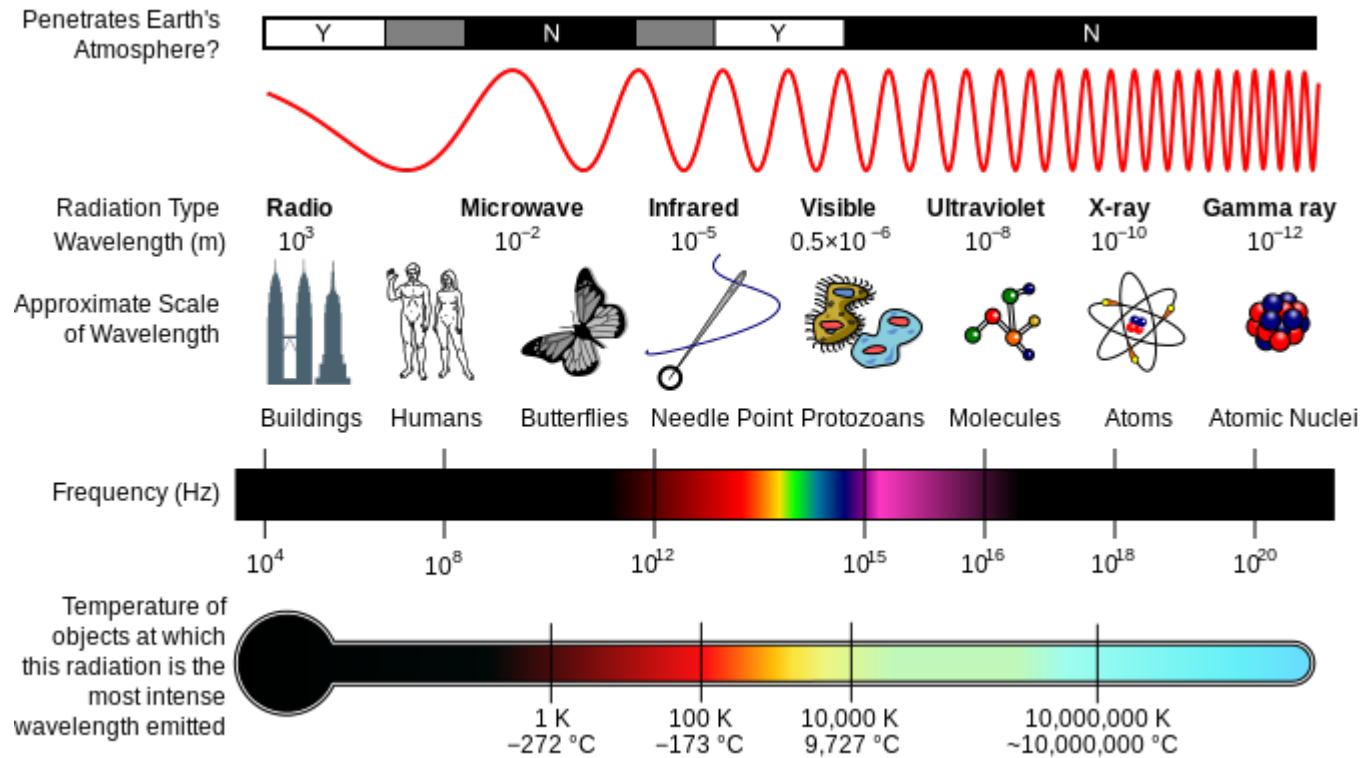
U astronomiji često
kažemo gas, a
mislimo plazma

Elektromagnetno zračenje

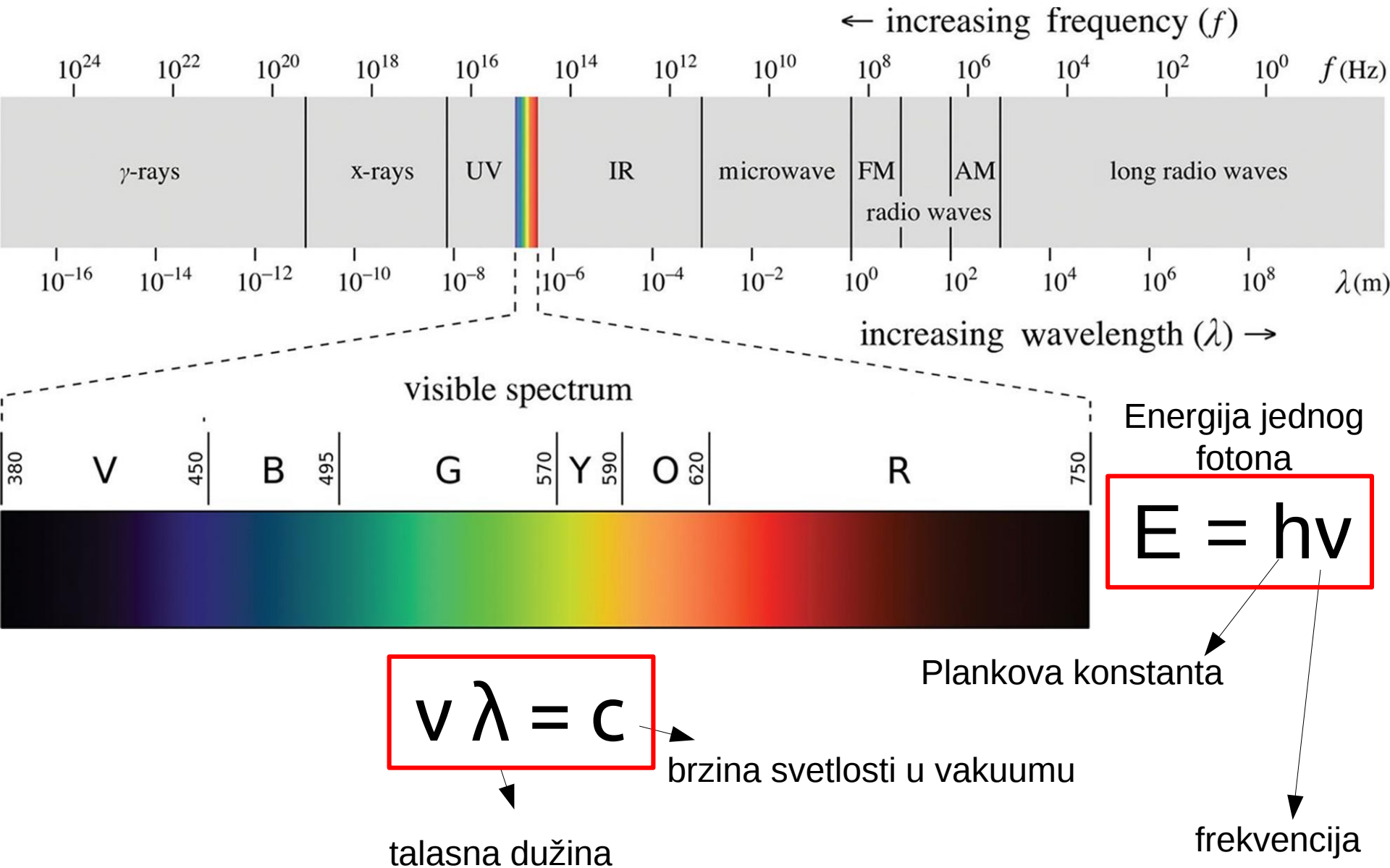
- Emitovana elektromagnetna energija sa nekog izvora zračenja
- Kvantna elektrodinamika – različiti mehanizmi zračenja
- Elektromagnetno zračenje, elektromagnetni talasi, fotoni, svetlost
- Dualna priroda kvantnih objekata: čestice i talasi
- Posmatranje neba sa Zemlje – detekcija elektromagnetnog zračenja nebeskih tela koje se prostire od izvora do posmatrača kroz kosmičku plazmu
- Na nebu posmatramo tačkaste (zvezde) i izvore konačnih dimenzija (Sunce, magline,...) - sve zavisi od odnosa udaljenosti nebeskog tela i njegovih stvarnih dimenzija

Elektromagnetno zračenje

- Da li nebesko telo emituje elektromagnetnu energiju proizvedenu u njemu samom (zvezde) ili je reflektuje (planete i njihovi sateliti,...)

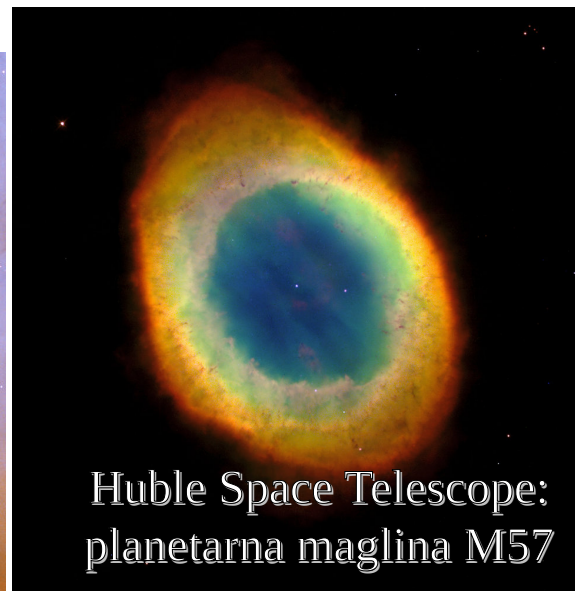


Elektromagnetno zračenje

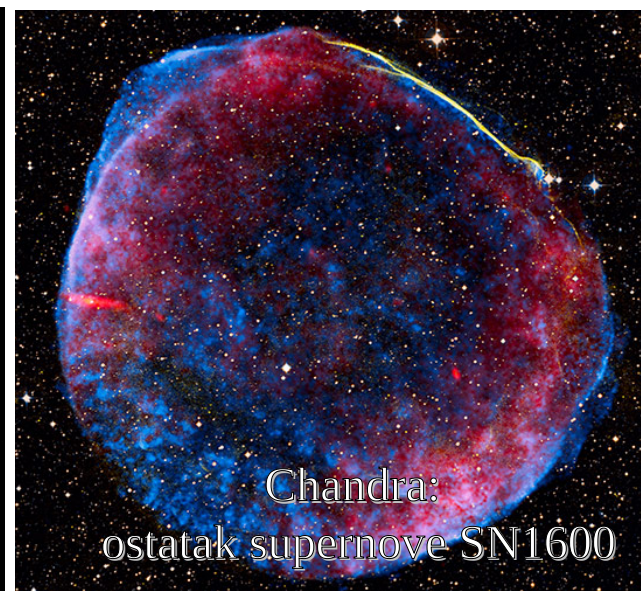




Hubble Space Telescope:
deo magline M16



Hubble Space Telescope:
planetarna maglina M57

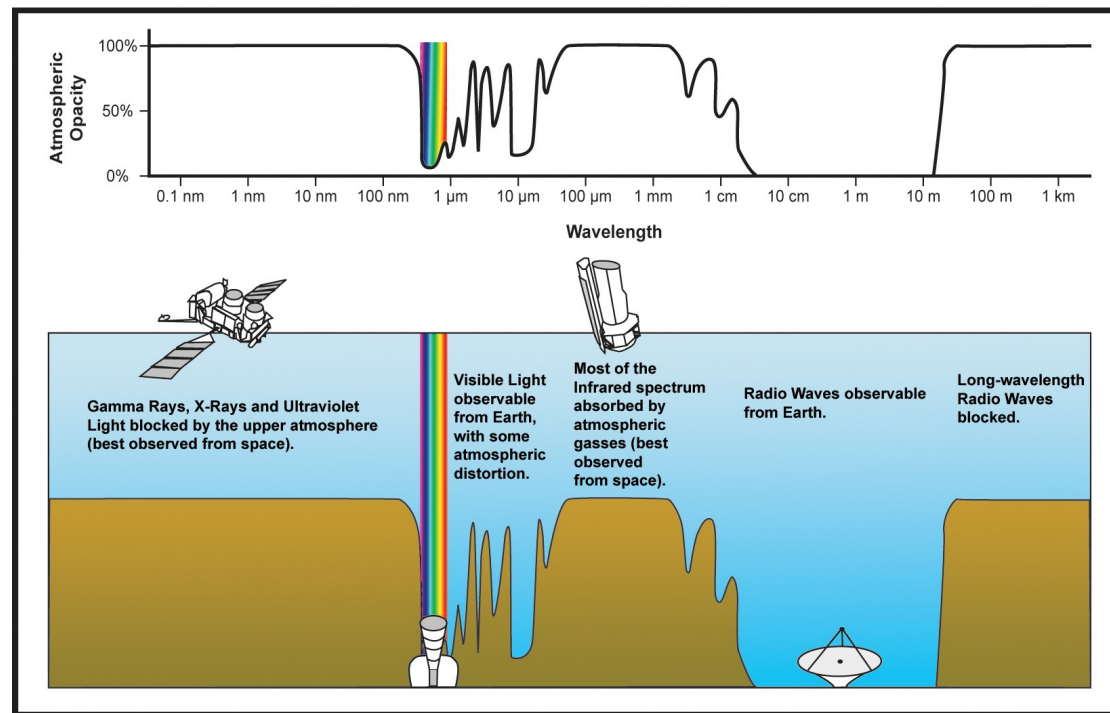


Chandra:
ostatak supernove SN1600



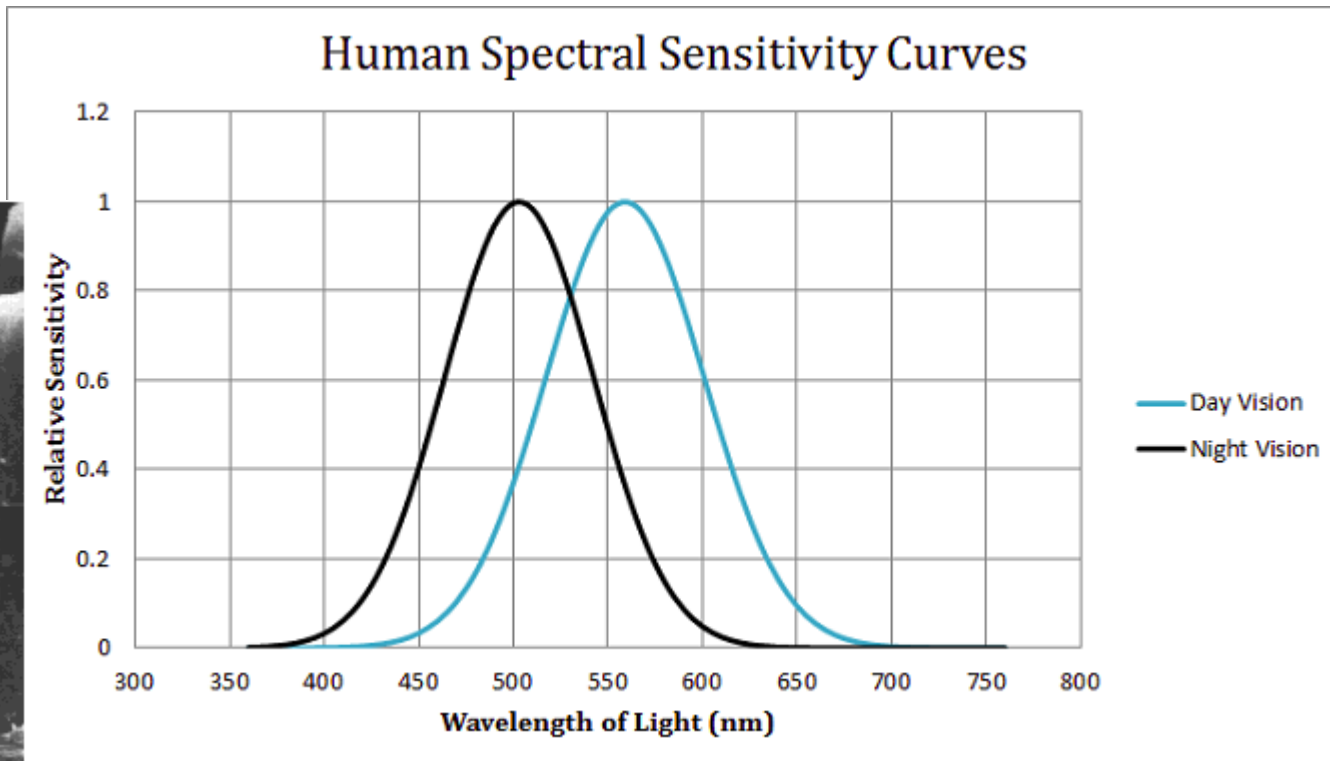
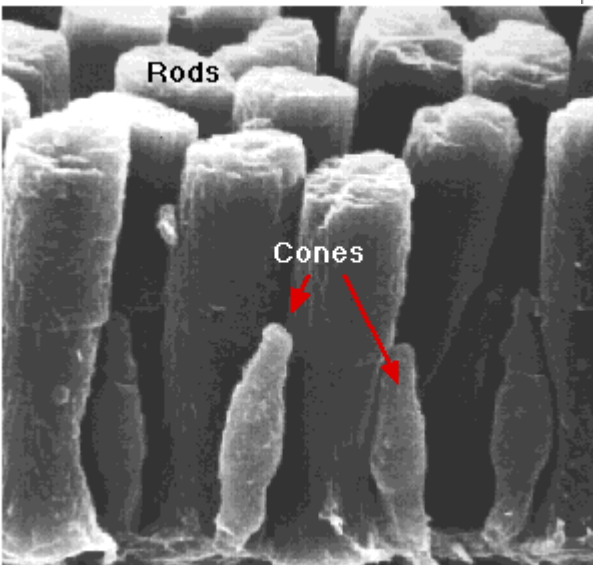
Hubble Space Telescope:
spiralna galaksija M51

- Propusnost Zemljine atmosfere – dva "prozora": (300nm, 1200nm) i (1cm, 15/20m)
- U vidljivoj oblasti, prozračnost atmosfere je oko 80% (tj. odnos intenziteta propuštenog i upadnog zračenja je 0.8)
- <300nm je potpuno apsorbovano ozonom i molekulima i atomima kiseonika i azota
- U oblasti infracrvenog zračenja najveći deo je apsorbovan vodenom parom i ugljen dioksidom
- Radio-talasi duži od 15/20m se reflektuju o jonosferske slojeve (svojstvo plazme)



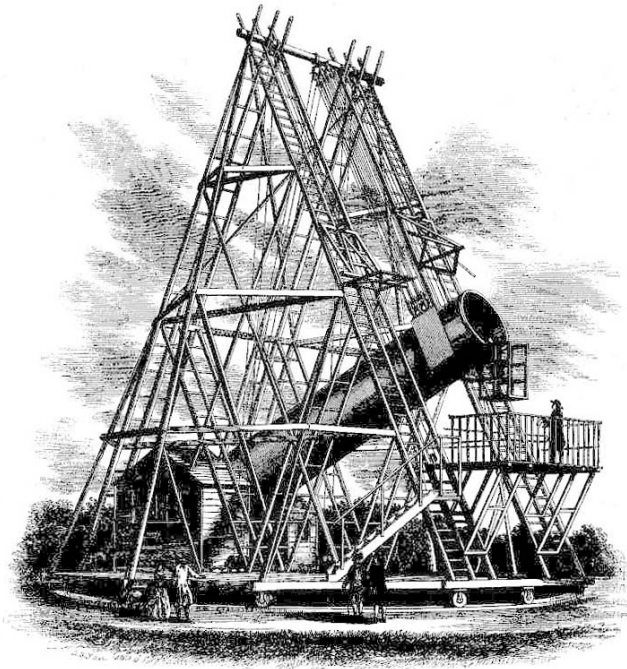
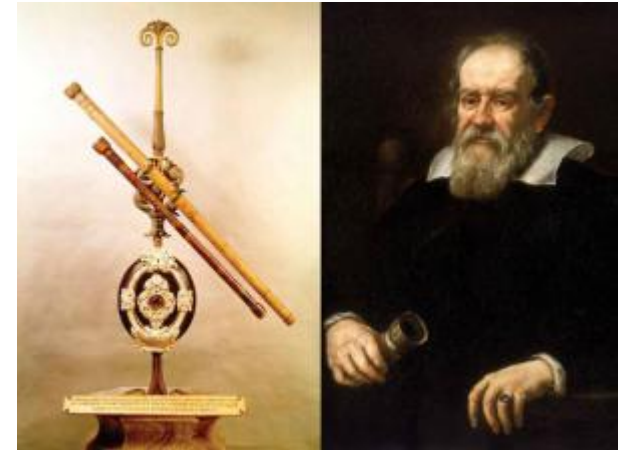
Ljudsko čulo vida

- Selektivni prijemnik (detektor) – 390-760 nm
- Spektralna osetljivost oka
- *Dnevni i noćni vid*



Teleskopska era

- Galileo Galilej: 1609 – optički teleskop u astronomiji!!!
Jupiterovi sateliti, pege na Suncu, Mlečni put se sastoji od zvezda
- Heršel – Uran, 1781
- Gale – Neptun, 1846 (po Levarijeovom proračunu – *vrhom pera*)



Astronomski instrumenti

Rezultat astronomskih posmatranja je svojevrsna sprega stvarnog signala koji dolazi sa izvora, uticaja međusistemske materije, te odziva astronomskog instrumentarijuma

Posmatrački instrumenti

- Kolektori – teleskopi
- Analizatori – filteri, prizme, difrakcione rešetke, polaroidi...
- Prijemnici – oko, CCD, fotomultiplikatori,...

Astronomski instrumenti

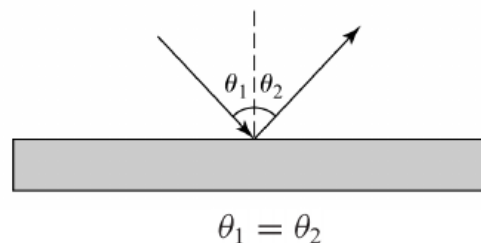
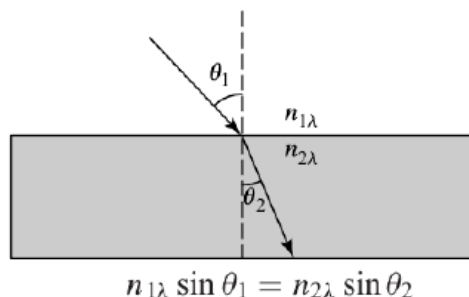
- **Teleskopi** – astronomski instrumenti čija je osnovna namena da sakupi što veću količinu energije elektromagnetnog zračenja i usmere je na detektor (prijemnik)
- 1609, Galilej – **teleskopska era**
- **Optički** teleskopi (refraktori ili reflektori) + **detektori** (oko, fotografska emulzija, fotoelektrični prijemnici, CCD kamere)
- Otkriće **IC** (1800) i **UV** (1801) zračenja: teleskopi (reflektori) + **detektori** UV i IC zračenja (fotoemulzije krajem XIX veka, od 1960. godine drugi detektori i vanatmosferska posmatranja)
- Otkriće **radio-talasa** (Hertz, 1887). Otkriće kosmičkog radio-zračenja (1932). Razvoj radio-astronomije i izgradnja radio-teleskopa (od sredine XX veka)
- Od 1960-ih godina XX veka (**kosmička era**) – lansiranje satelita i orbitalnih opservatorija sa instrumentima za detekciju **γ, X, UV, IC** zračenja

Optički teleskopi su kolektori zračenja - pomoću sistema sočiva ili ogledala omogućavaju oku ili drugom prijemniku/detektoru (CCD kamera) da primi veću količinu svetlosti – sakupljaju paralelan snop zračenja i fokusiraju ga proizvodeći u žižnoj ravni lik objekta ili dela neba

Ako se u cilju sakupljanja (fokusiranja snopa) svetlosti koristi sistem sočiva teleskop se naziva **refraktor**, a ako se koriste ogledala teleskop je **reflektor**

Osnovne funkcije teleskopa su:

- (1) da sakupi što veću količinu svetlosne energije i time ostvari svetliji lik,
- (2) da poveća ugao pod kojim se vidi lik u odnosu na ugao pod kojim se vidi objekat i
- (3) da što bolje razdvoji likove prividno bliskih nebeskih tela tj. da poveća razdvojnu moć



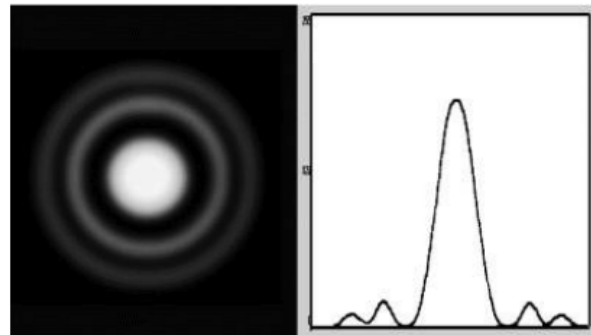
Lik zvezde u teleskopu

Objektiv predstavlja prepreku za snop svetlosti koja dolazi sa izvora – TEORIJA DIFRAKCIJE (talasna priroda svetlosti)

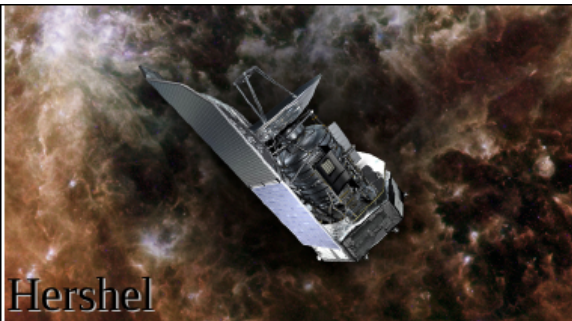
Tačkasti izvori se NE preslikavaju u tačku!!!

U idealnom slučaju, kružne aperture raspodela je opisana Beselovim funkcijama

U realnosti, zbog uticaja turbulencije u atmosferi dolazi do stvaranja turbulentnog lika, a zbog aberacija u instrumentarijumu do dodatnog deformisanja lika



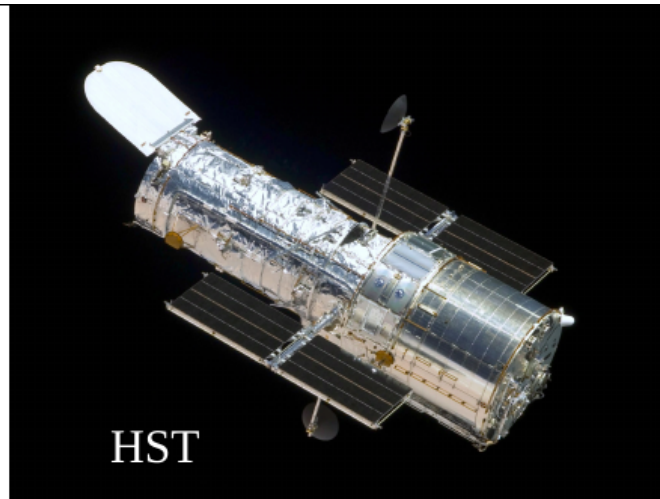
lik tačkaste zvezde
posle prolaska kroz
teleskop nije tačka
– difrakcioni lik



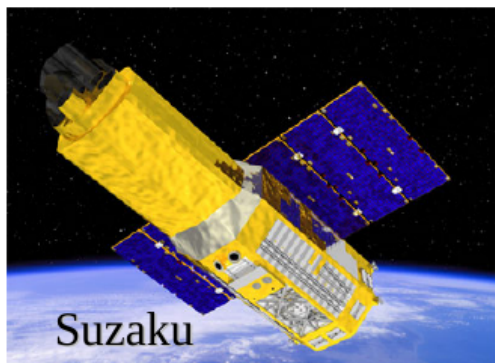
Herschel



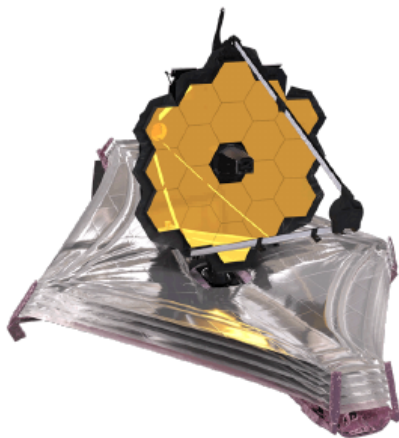
XMM-Newton



HST



Suzaku



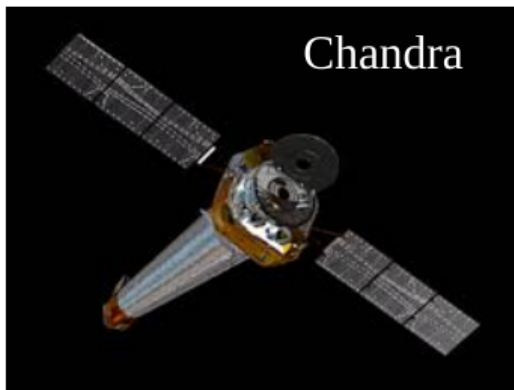
James
Webb
Space
Telescope



Planck



Spitzer



Chandra



Fermi LAT

Danas imamo veliki broj zemaljskih i svemirskih teleskopa na raspolaganju

GCT



VLT UT1 Antu



Milanković - Vidojevica



Naši optički kolektori - teleskopi

Veliki refraktor AOB

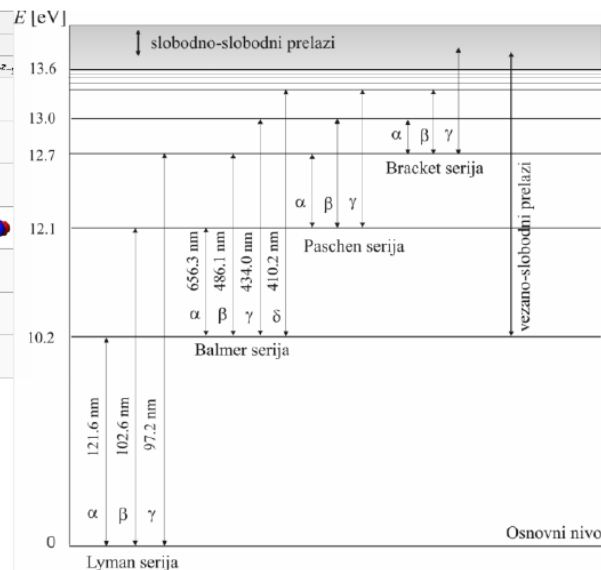
Na Zvezdari postoji problem
svetlosnog zagađenja



Borov model atoma vodonika je odavno prevaziđen ali mi koristimo samo tu terminologiju radi jednostavnosti izlaganja

	s ($l=0$)	p ($l=1$)			d ($l=2$)					f ($l=3$)							E [eV]
	$m=0$	$m=0$	$m=\pm 1$		$m=0$	$m=\pm 1$	$m=\pm 2$		$m=0$	$m=\pm 1$		$m=\pm 2$		$m=\pm 3$			
	s	p_z	p_x	p_y	d_{z^2}	d_{xz}	d_{yz}	d_{xy}	$d_{x^2-y^2}$	f_{z^3}	f_{xz^2}	f_{yz^2}	f_{xyz}	$f_{xz(x^2-y^2)}$	$f_{yz(x^2-y^2)}$	$f_{xy(3x^2-z^2)}$	
$n=1$																	13.6
$n=2$																	13.0
$n=3$																	12.7
$n=4$																	12.1
$n=5$										...	...	...	...	...	...	...	10.2
$n=6$					...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
$n=7$		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		

Ne radimo: Kvantno mehanički pristup – Rešenje Šredingerove jednačine za atom vodonika



Energetski nivoi atoma vodonika, naivni model!!! – u svemiru najviše vodonika

Notacija: HI (neutralan H), HII (jonizovan H, proton), H₂ (molekulski H), HeI, HeII, HeIII,...

Atomske procese koji rezultuju formiranjem linijskih spektara možemo podeliti na vezano-vezane i vezano-slobodne

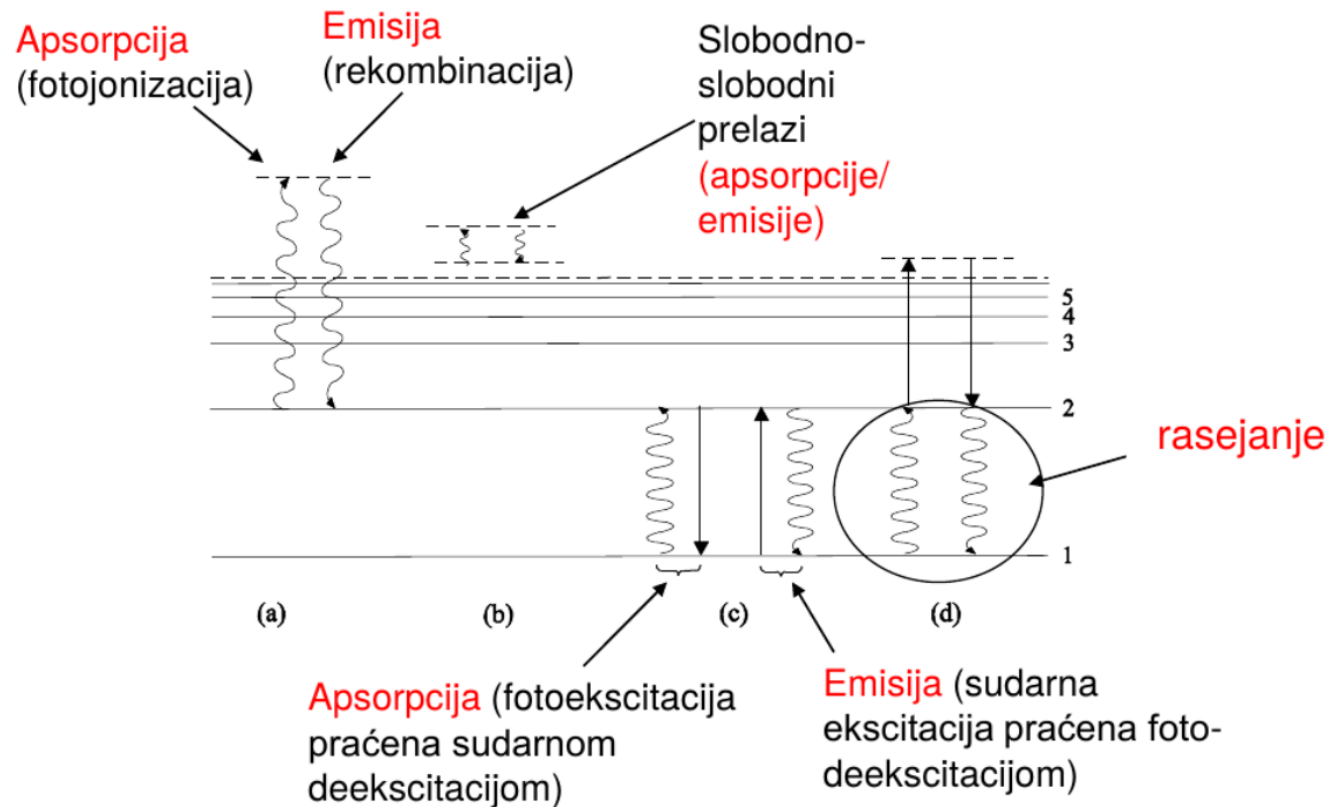
U vezano-vezanim prelazima elektron prelazi iz jednog vezanog stanja unutar atoma u drugo vezano stanje, dok kod vezano-slobodnih prelaza imamo situaciju gde slobodan elektron prelazi u vezano stanje unutar atoma (rekombinacija) ili obrnuto (jonizacija)

U odnosu na način na koji dolazi do vezano-vezanih procesa, možemo ih podeliti u dve grupe, na radijativne procese gde je promena energetske stanja elektrona izazvana apsorpcijom zračenja, i na sudarne procese gde se energija razmenjuje usled sudara

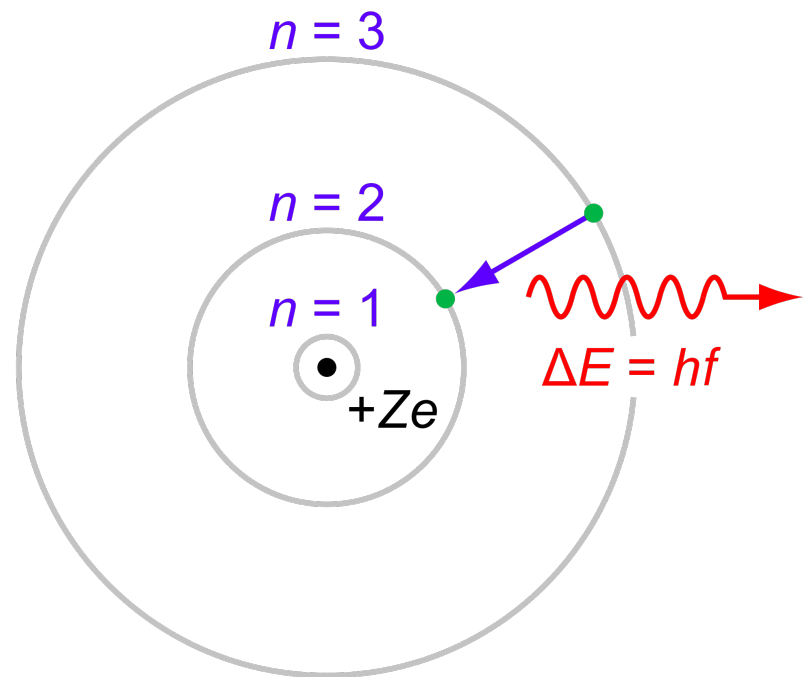
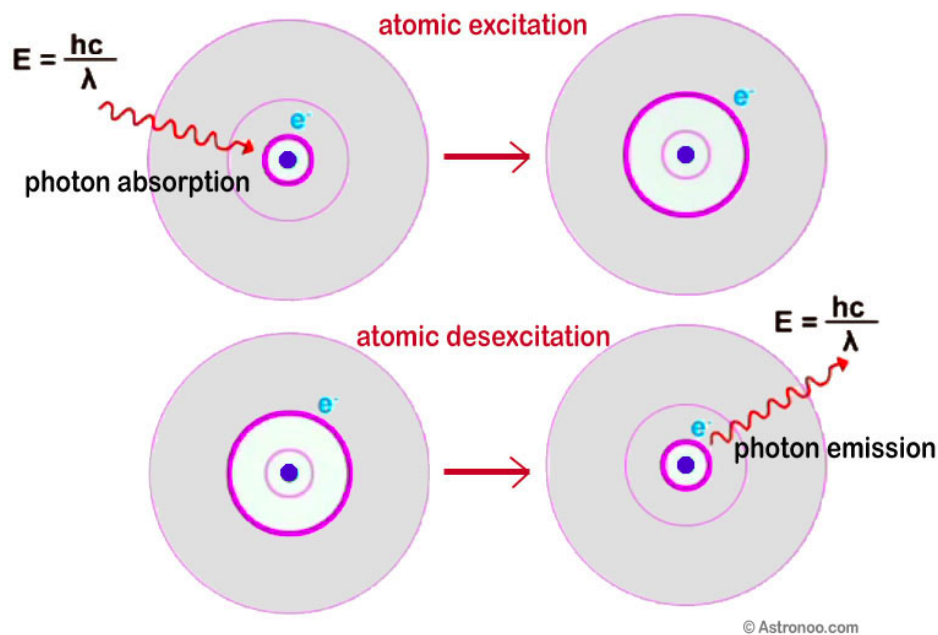
Tri osnovna procesa:

apsorpcija, emisija i rasejanje

Primeri:



- Prava apsorpcija i rasejanje svetlosti – **interakcija zračenja sa materijom** transformacija elektromagnetne energije u unutrašnju energiju gasa/plazme ili promena pravca prostiranja fotona (posmatrajući jedan pravac deluje da se menja količina energije u jedinici vremena)
- Prelaz elektrona iz nižeg u više energetske stanje ostvaren pod dejstvom zračenja naziva se fotoekscitacija (apsorpcija na rezonantnoj frekvenciji)
- Za zračenje se kaže da je pravo apsorbovano ako se povratak elektrona iz višeg u niže energetske stanje vrši bez reemisijskog zračenja, kada atom višak svoje unutrašnje energije preda u sudaru drugoj čestici (sudarna deekscitacija) – dolazi do transformacije em energije u unutrašnju energiju gasa
- Moguća je i apsorpcija zračenja koja dovodi do prelaza elektrona iz vezanog u slobodno stanje (fotojonizacija) – suprotan proces zahvata slobodnog elektrona je rekombinacija



Fotoekscitacija i sudarna ekscitacija, fotojonizacija i sudarna jonizacija
 Radijativna deekscitacija i sudarna deekscitacija/rekombinacija

Borov model atoma vodonika je odavno prevaziđen ali mi koristimo samo tu terminologiju radi jednostavnosti

Rasejanje predstavlja proces pri kome zračenje kroz interakcije sa česticama sredine uglavnom samo menja pravac svog prostiranja, i, eventualno, ali vrlo malo, i frekvenciju (talasnu dužinu)

Za razliku od pravo apsorbovanog, rasejano zračenje nije izgubljeno iz ukupnog polja zračenja (tj. njegova energija nije pretvorena u termalnu energiju čestica gasa), ali je izgubljeno u datom pravcu

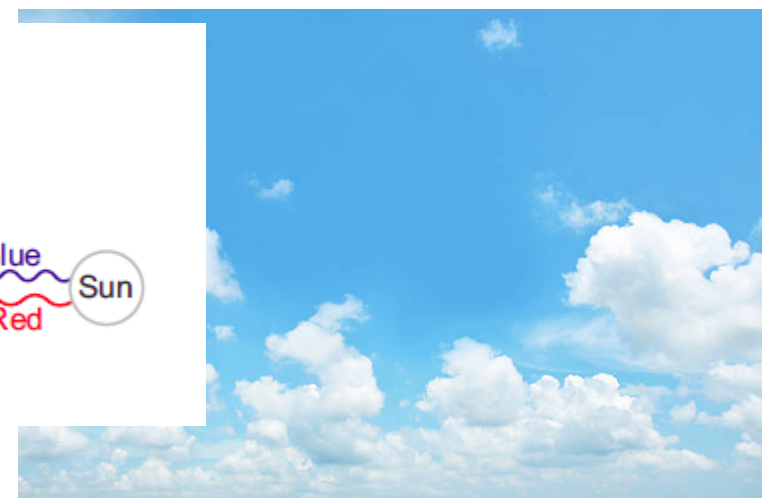
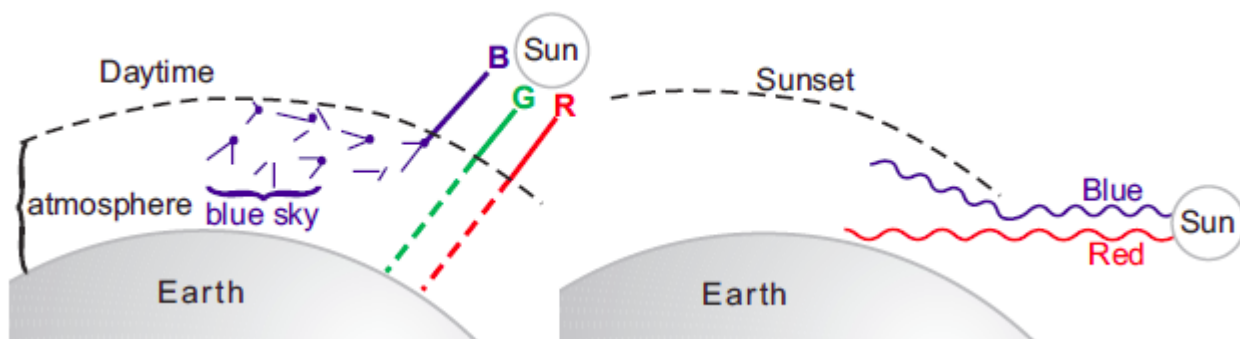
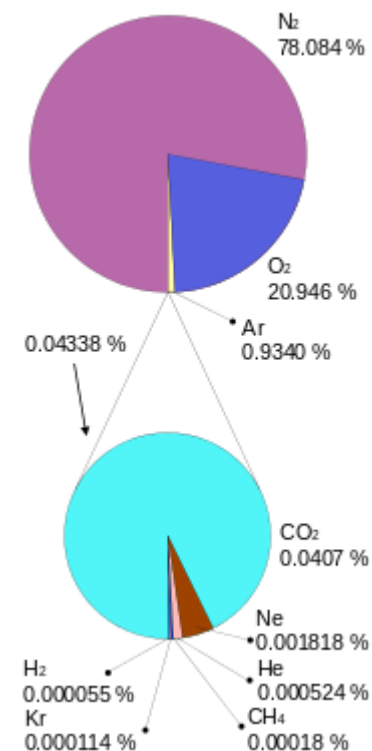
Rasejanje na molekulima i atomima poznato je kao Rejljevo – Intenzitet tako rasejanog zračenja je obrnuto proporcionalan četvrtom stepenu talasne dužine

Rasejanje na slobodnim elektronima se naziva Tomsonovo (Thomson) – Ono ne zavisi od talasne dužine

- Uticaj sredine na prostiranje elektromagnetnog zračenja
- Sastav Zemljine atmosfere
- Zašto je nebo plavo, a oblaci često beličasti?

Kao posledica **Rejljevog rasejanja**, u Zemljinoj atmosferi je najviše rasejana Sunčeva svetlost kraćih talasnih dužina (plava) što daje nebu plavu boju – Kada se posmatraju objekti blizu horizonta njihovo zračenje prolazi duži put kroz donje, gušće slojeve atmosfere tako da, kao posledica rasejanja, ovi objekti izgledaju crveniji (npr. Mesec kada je blizu horizonta)

U oblacima je svetlost rasejana vodenim kondenzacijama – za razliku od rasejanja na molekulima u atmosferi, veličina kapljica vode u oblacima je istog reda veličine kao i vidljivi fotoni, pa do izražaja dolazi **Miovo rasejanje** koje skoro pa izotopno rasejava!!!



- Uticaj međuzvezdane materije na elektromagnetno zračenje – slabi elektromagnetno zračenje – Ekstinkcija (slabljenje svetlosti) obuhvata pravu apsorpciju i rasejanje
- Dodatno: međuzvezdano pocrvenjenje – na međuzvezdanoj prašini se rasejava više zračenje kraćih talasnih dužina
- Ekstinkcija je najslabija za zračenje najdužih talasnih dužina – tako je radio-astronomija prozor u svet međuzvezdane materije!!!

