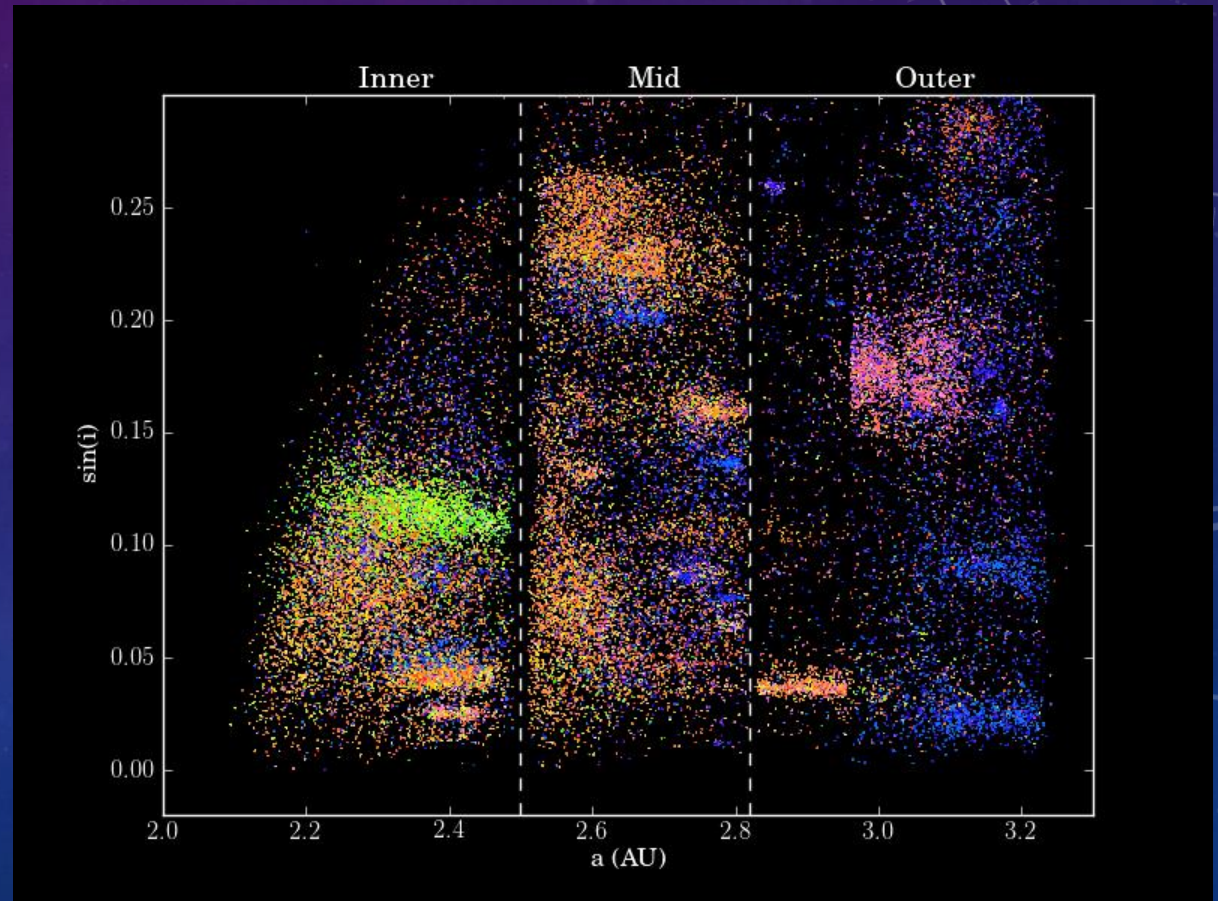


ZÁŘENÍ JAKO HLAVNÍ ZDROJ INFORMACÍ O VESMÍRU

ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ: TEPELNÉ ZÁŘENÍ, BRZDNÉ ZÁŘENÍ,
CYKLOTRONOVÉ A SYNCHROTRONOVÉ ZÁŘENÍ,
POLARIZACE,
ZÁŘENÍ ATOMŮ A MOLEKUL, SPEKTRÁLNÍ ČÁRY, KONTINUUM,
KOSMICKÉ ZÁŘENÍ, NEUTRINA, GRAVITAČNÍ VLNY

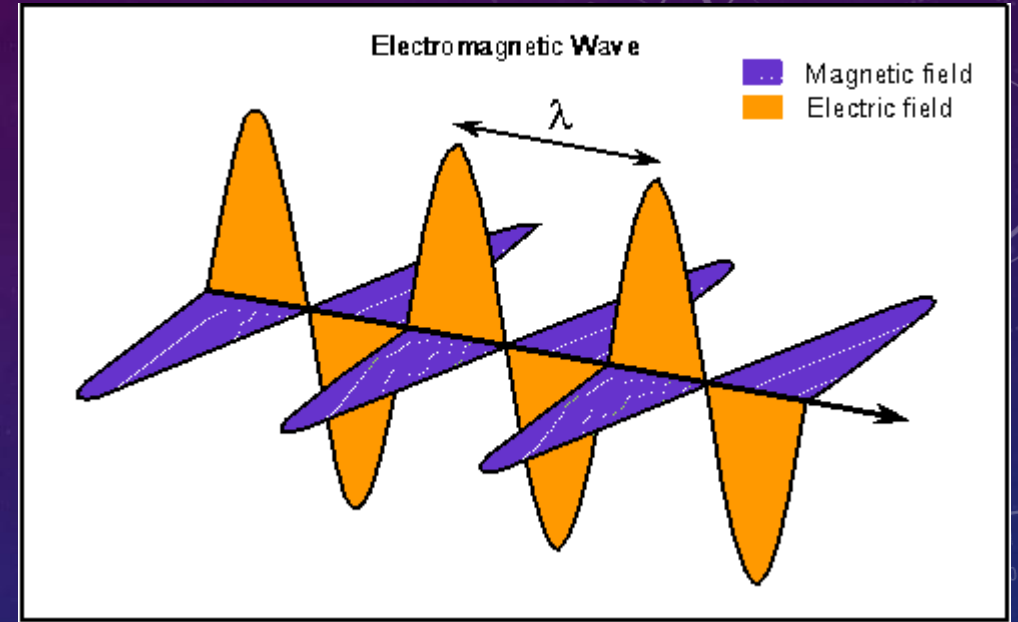
„NOSIČE“ ASTROFYZIKÁLNÍCH INFORMACÍ

- pozorování „na dálku“
 - elmg záření
 - hmota
 - neutrina
 - elektrony
 - jádra atomů
 - meteority
 - gravitační vlny
- pozorování „in situ“ (na místě samém)



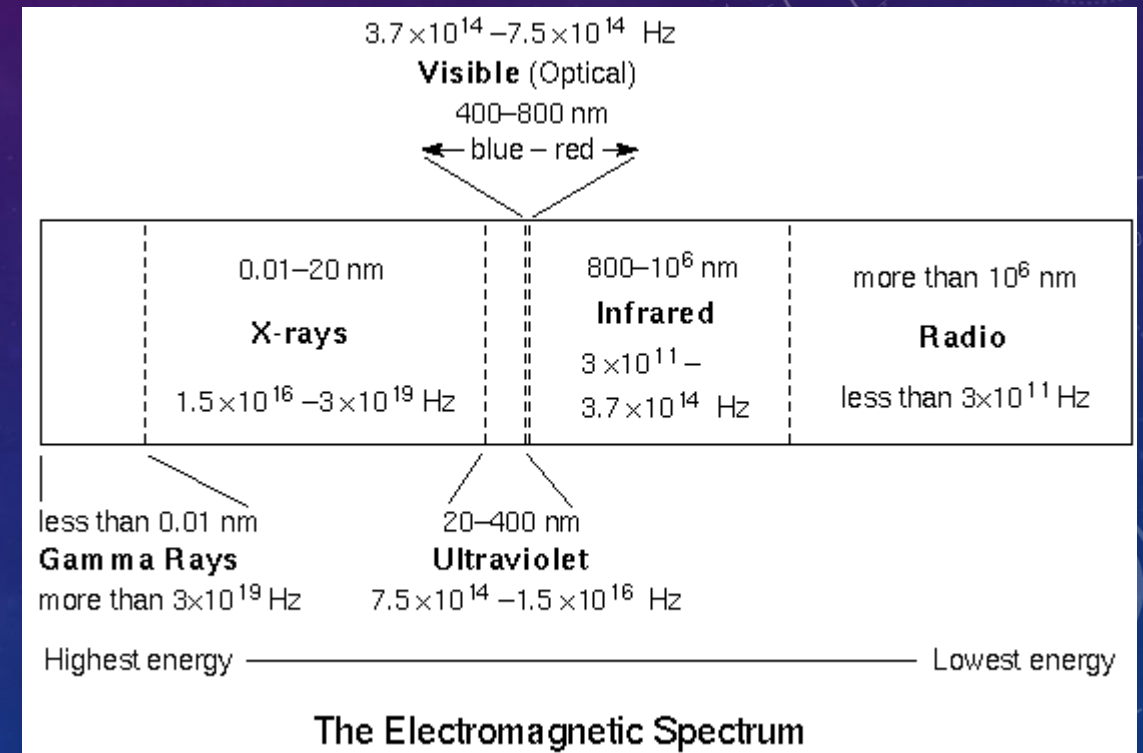
ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ

- 95 % informací o vesmíru
- jeho popis a pochopení souviselo s poznáním vlastností elektrického a magnetického pole (Maxwellovy rovnice)
- měnící se magnetické pole generuje elektrické pole a naopak

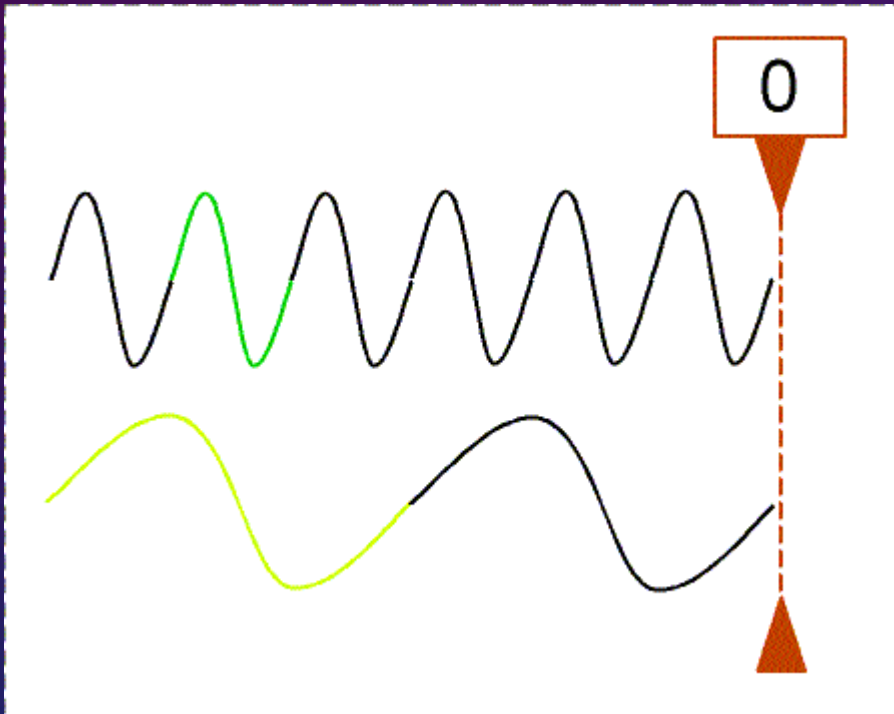


ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ

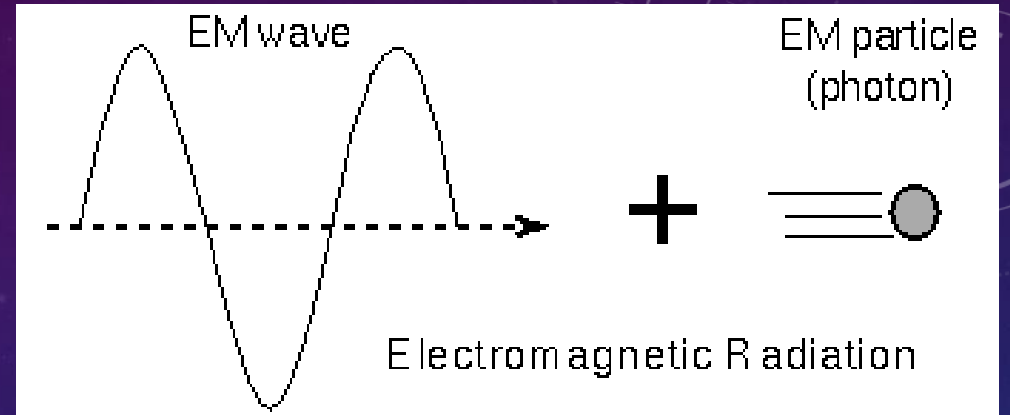
- pohybuje se i ve vakuu, nepotřebuje „médium“
- má jednotnou rychlost ve vakuu
- charakterizuje jej tzv. vlnová délka (λ)
- platí vztah $f = c/\lambda$
- mechanismy vzniku elmg záření dělíme na
 - tepelné
 - netepelné



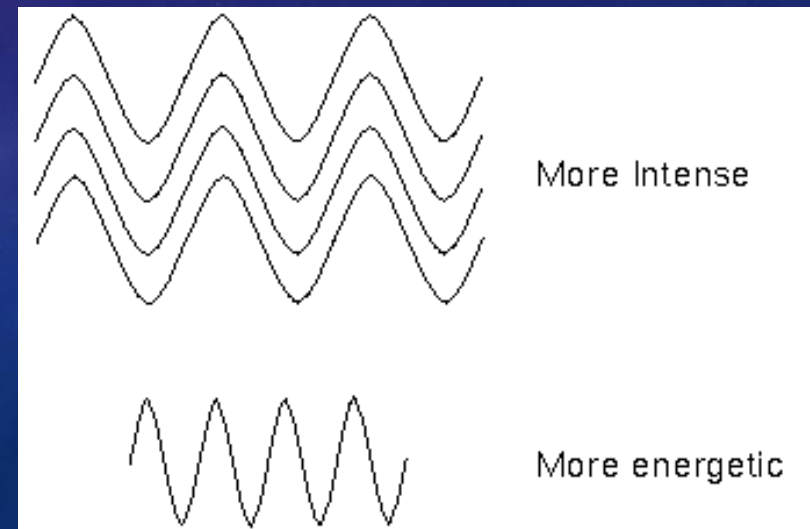
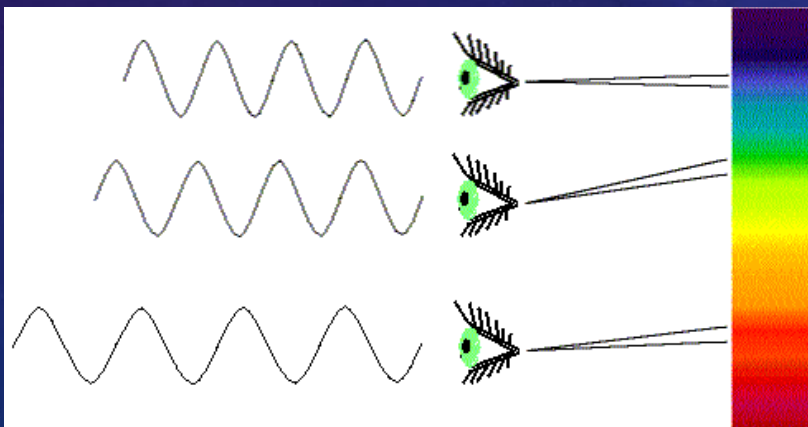
ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ



ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ

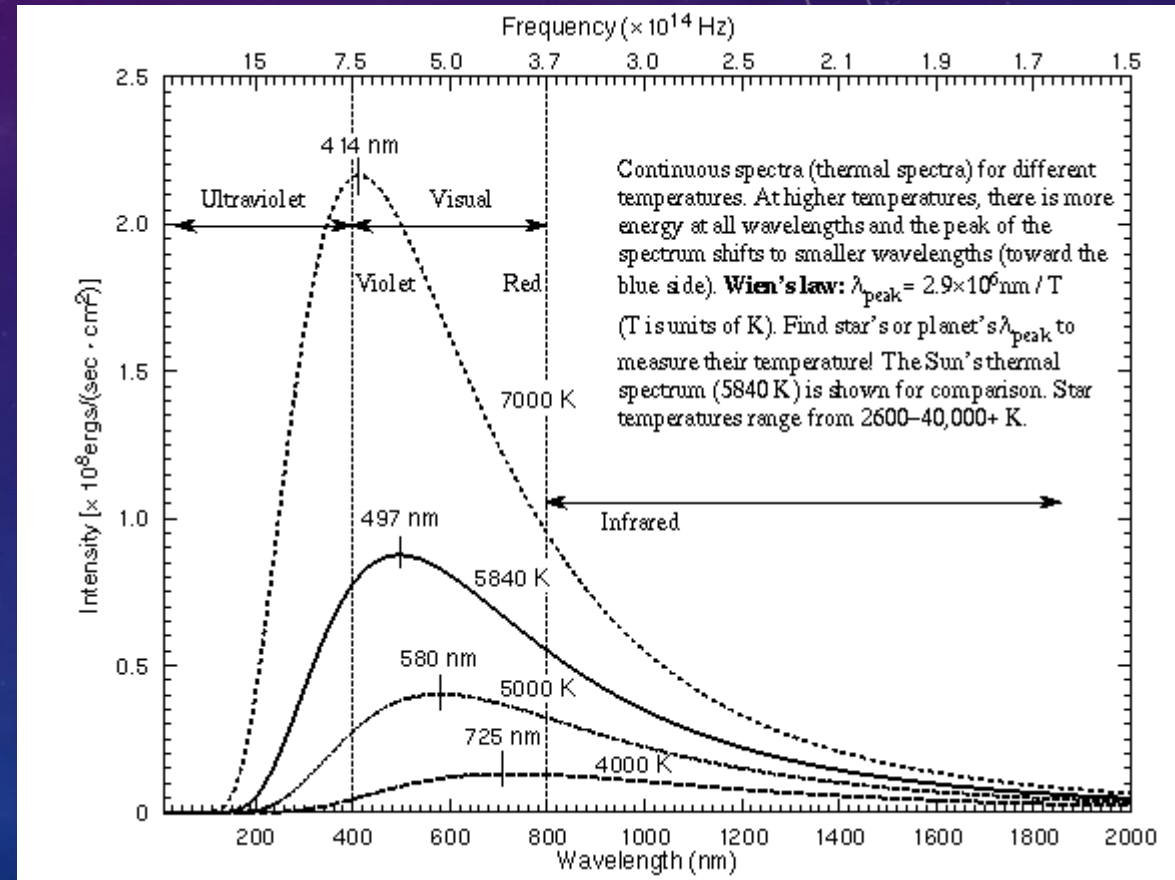


- kvantová povaha elektromagnetického záření – Max Planck
- https://www.aldebaran.cz/bulletin/2024_11_fot.php?fbclid=IwAR2alq-XQD1GsabwTtZ8nWWyqgfmESsWQnR8qClm_LZQJoKlycAU2PHPldw
- foton nese energii $E = h \times f$



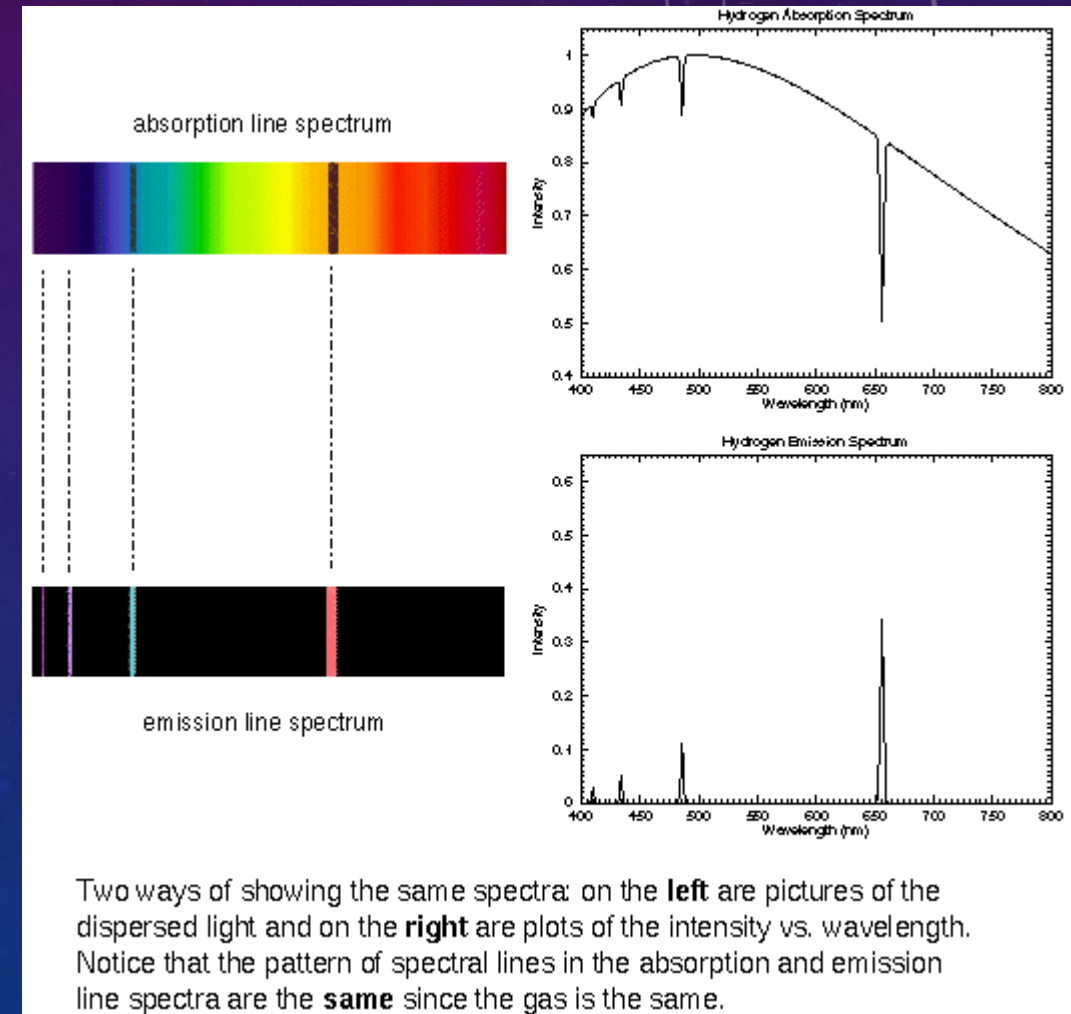
ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ

- kontinuum – tepelné záření
- záření AČT
- Wienův posunovací zákon $\lambda_{max} = 2,9 \times 10^6 / T$
- Stefanův – Boltzmannův zákon $I = \sigma \times T^4$



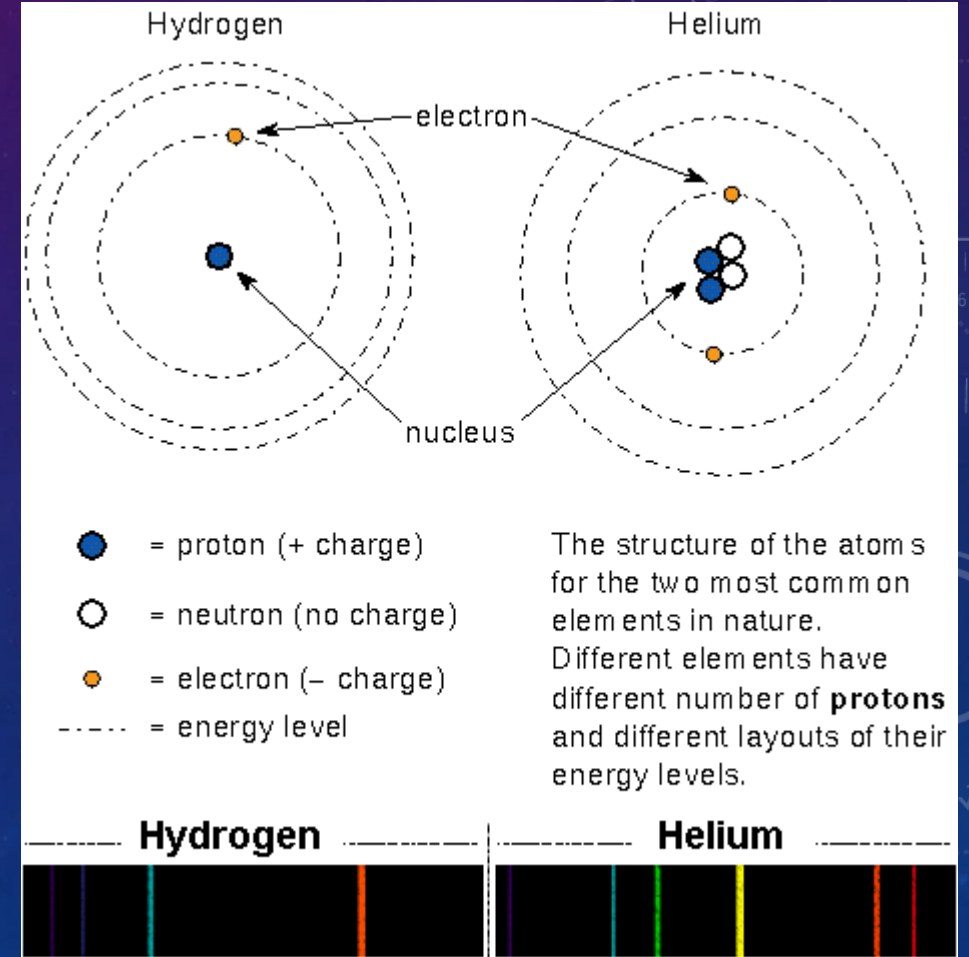
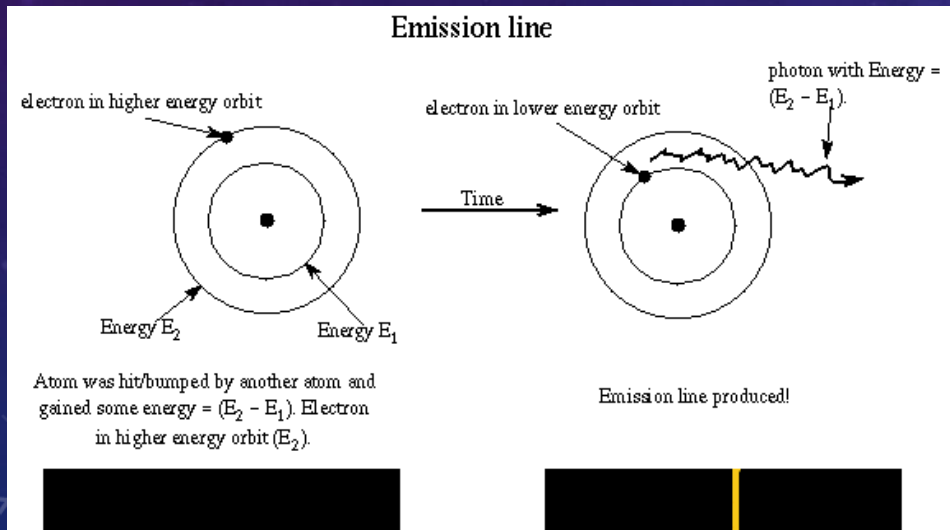
ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ

- absorpční spektrum
- emisní spektrum



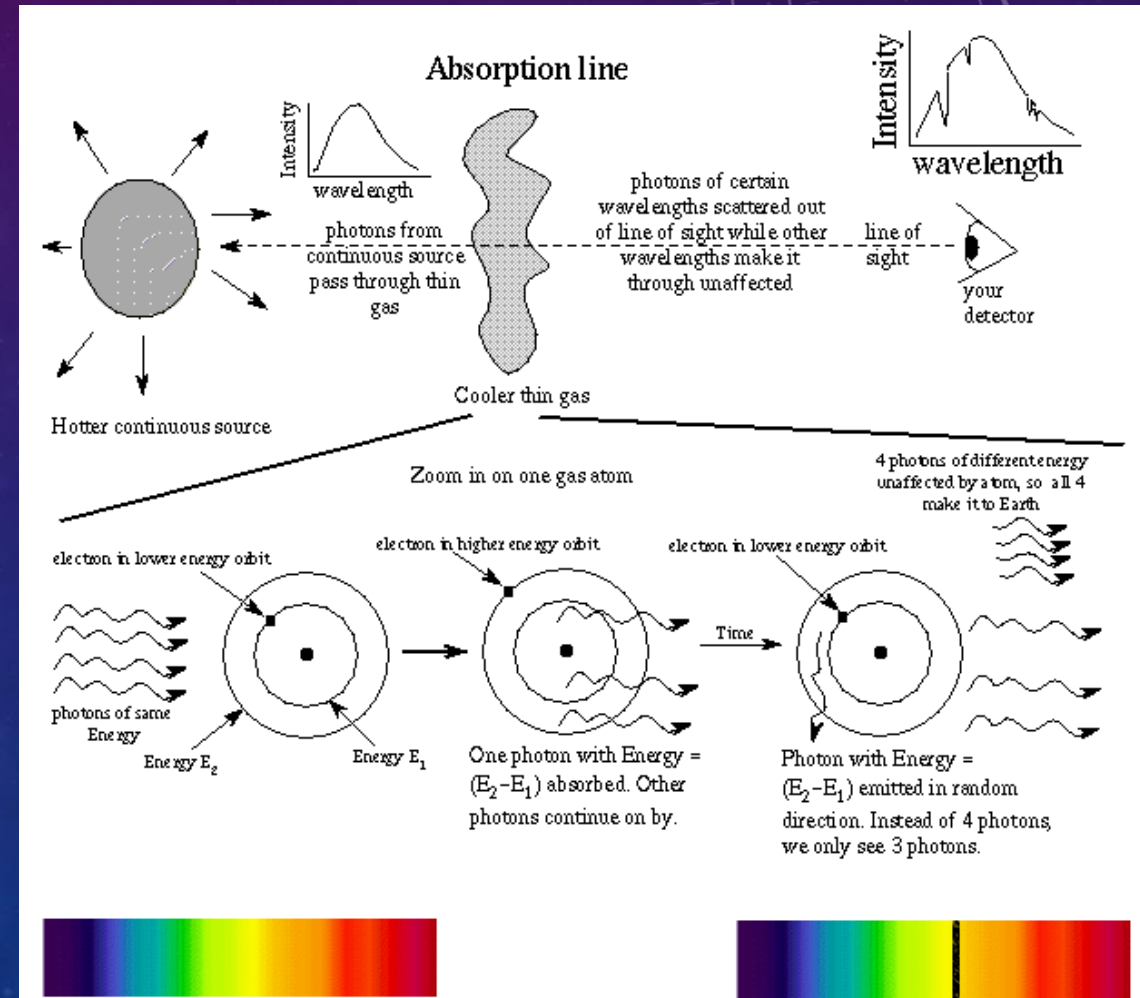
ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ

- elmg záření atomu – procesy v elektronovém obalu



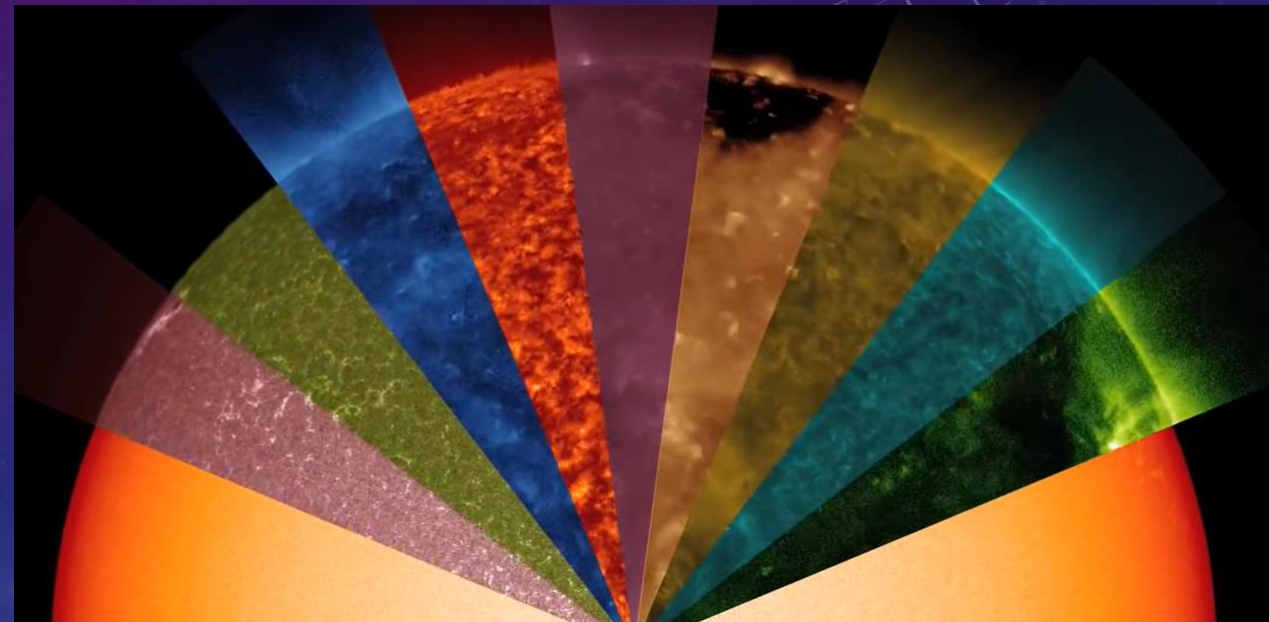
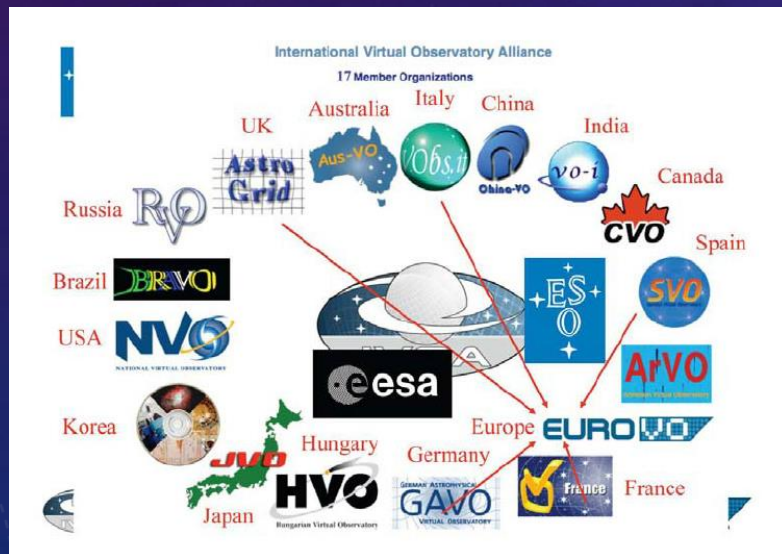
ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ

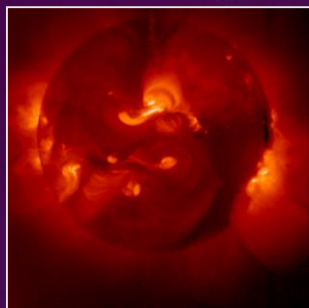
- vzhled spektra záleží také na geometrickém uspořádání zdroj – absorbující prostředí – pozorovatel
- v praxi je pak spektrum většiny hvězd kombinací kontinua, emise a absorpce



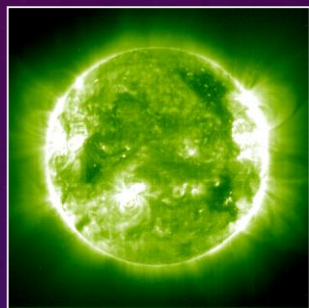
ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ

- Pozorování vesmíru v mnoha oborech elmg záření
- Vytváření virtuálních observatoří
 - <https://ivoa.net/>

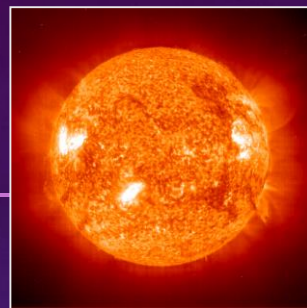




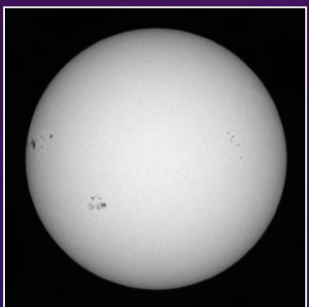
rtg



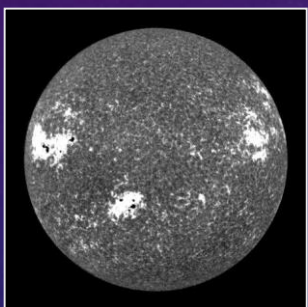
UV



extrémní UV



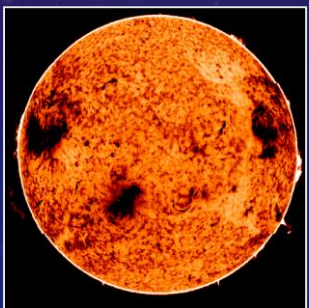
světlo



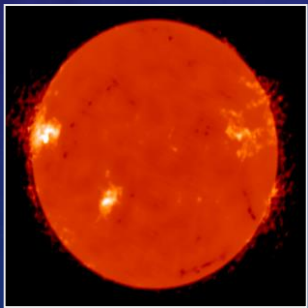
čára K



H alfa

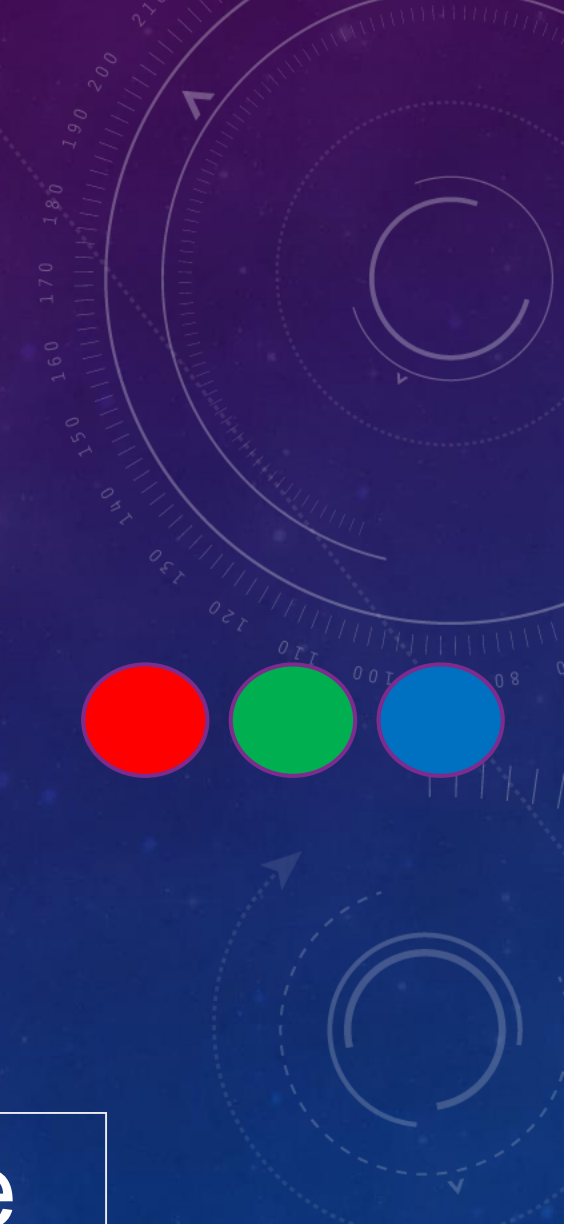


IR

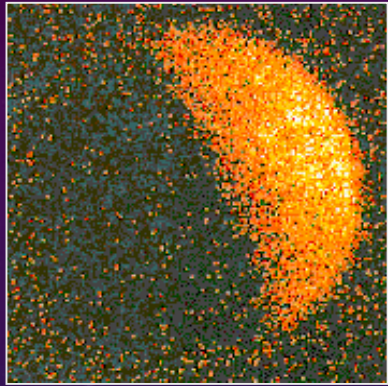


rádiový

Slunce



MĚSÍC



rtg



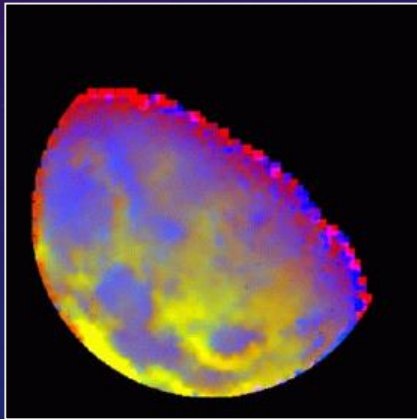
UV



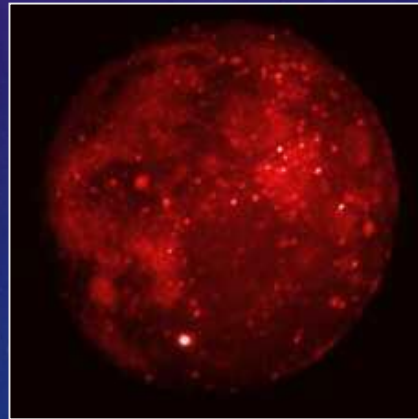
světlo



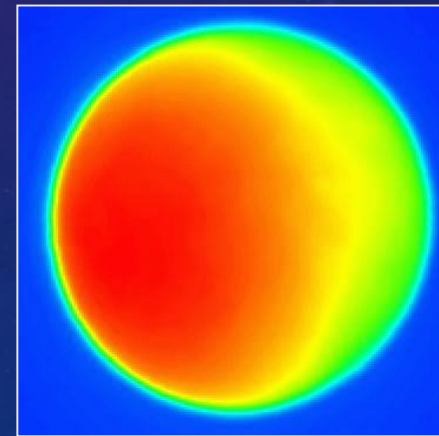
světlo



blízké IR



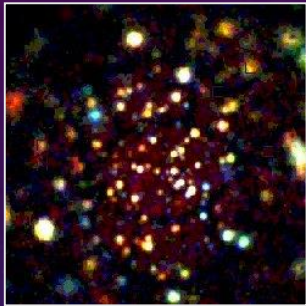
střední IR



rádiový obor



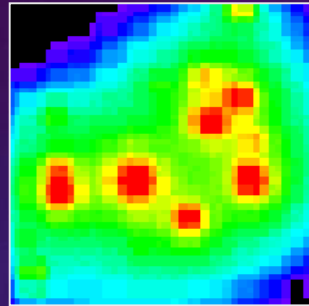
PLEJÁDY



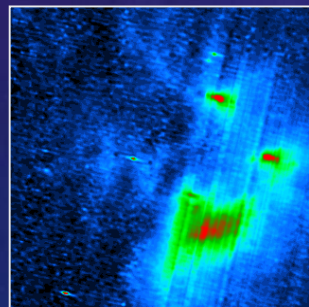
rtg



blízka IR



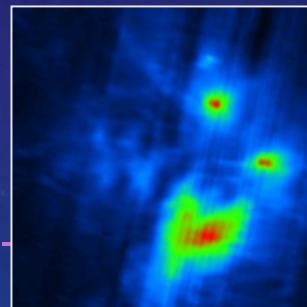
UV



střední IR



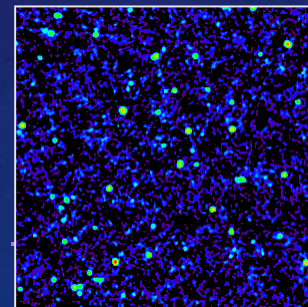
světlo



vzdálená IR



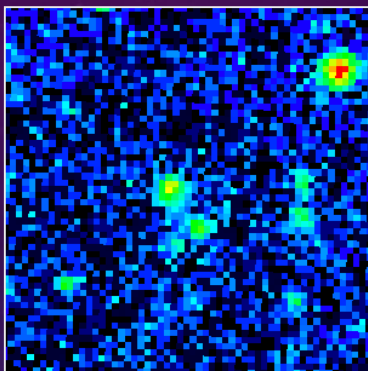
světlo



rádiový obor



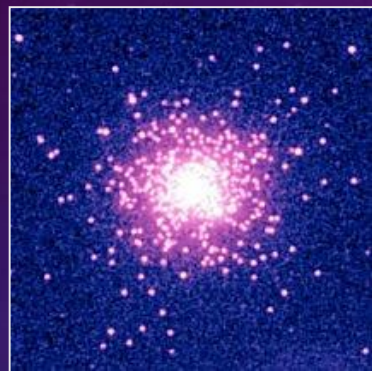
M 13



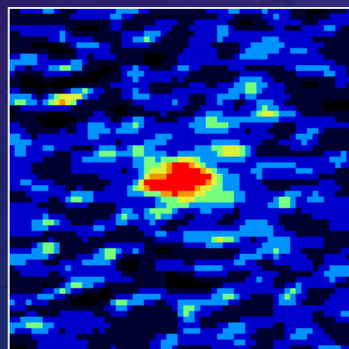
rtg



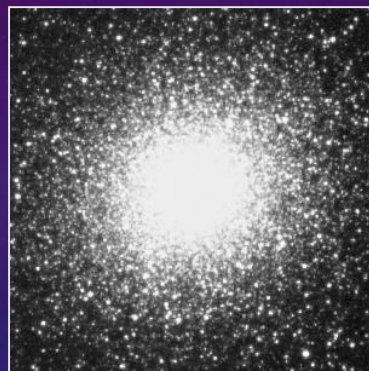
blízka IR



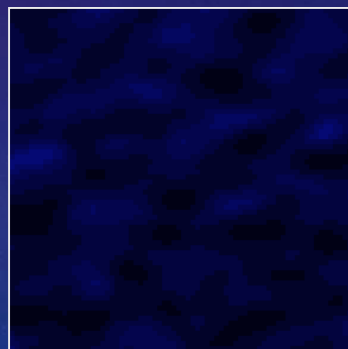
UV



střední IR



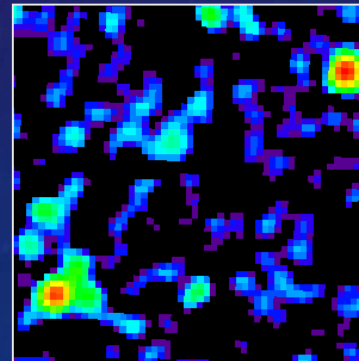
světlo



vzdálená IR



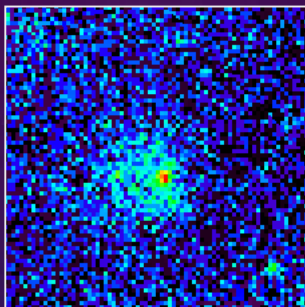
světlo



rádiový obor



TRIFID (M20)



rtg



světlo



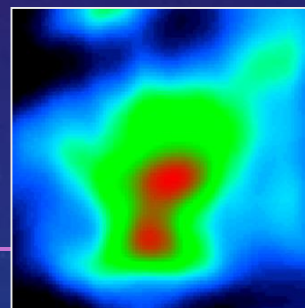
světlo



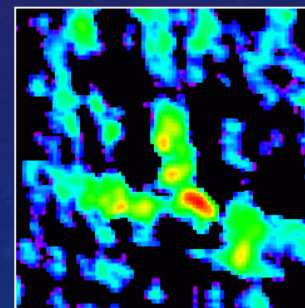
blízka IR



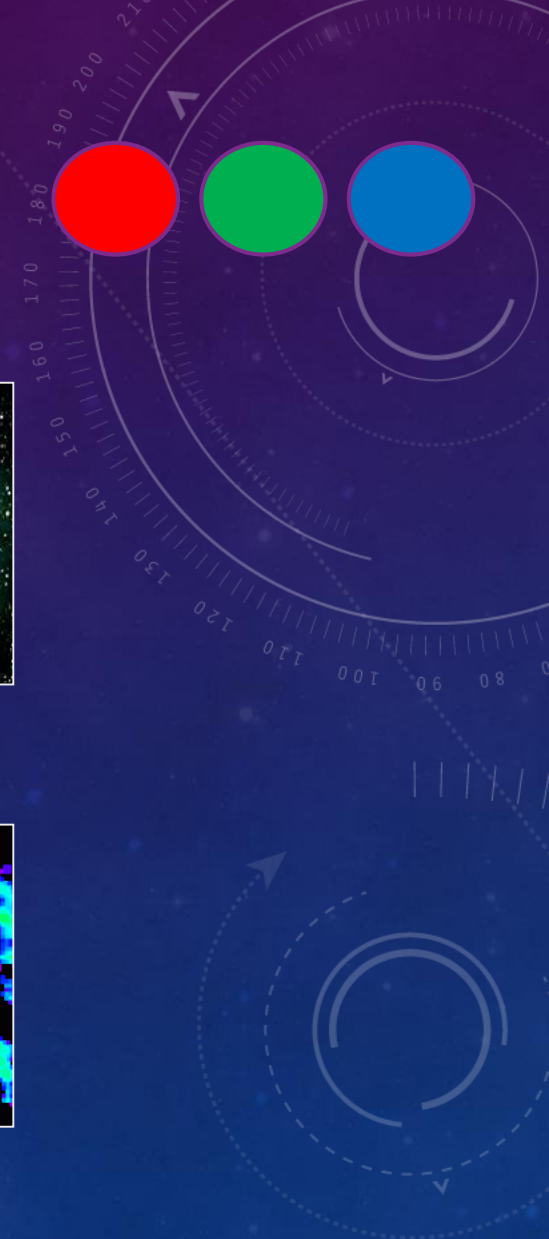
střední IR



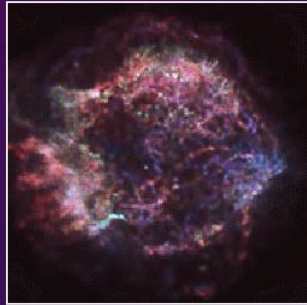
vzdálená IR



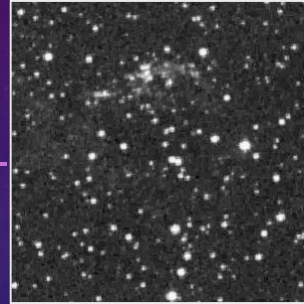
rádiový obor



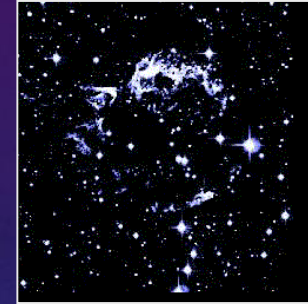
ZBYTEK PO SUPERNOVĚ (CAS A)



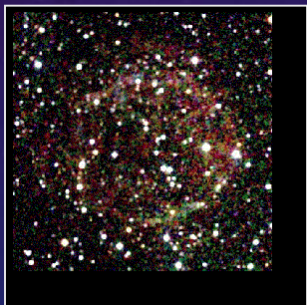
rtg



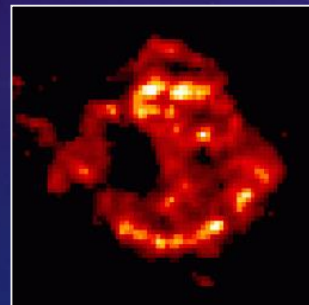
světlo



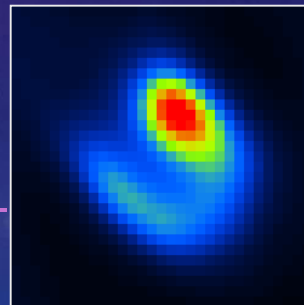
světlo



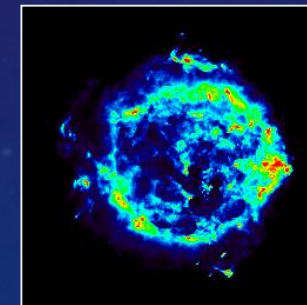
blízká IR



střední IR



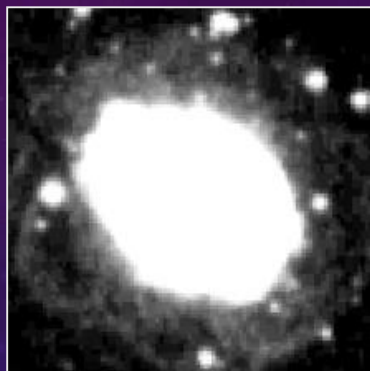
vzdálená IR



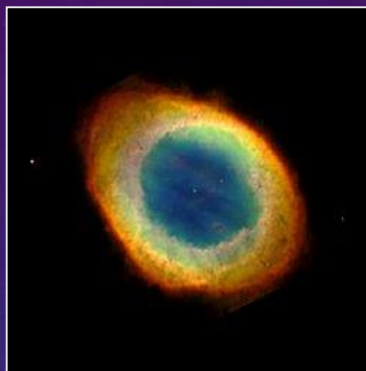
rádiový obor



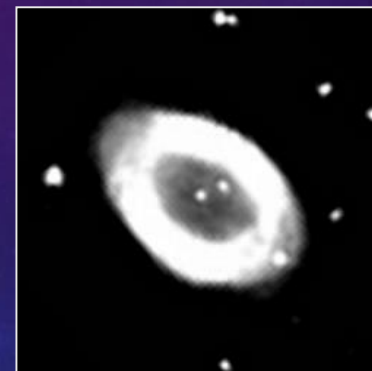
PLANETÁRNÍ MLHOVINA M 57



světlo



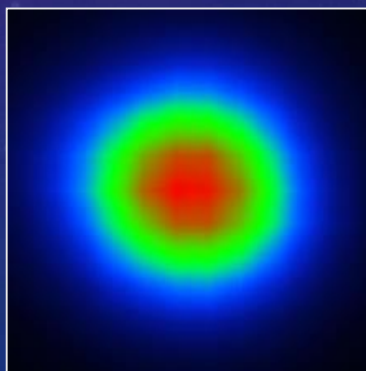
světlo



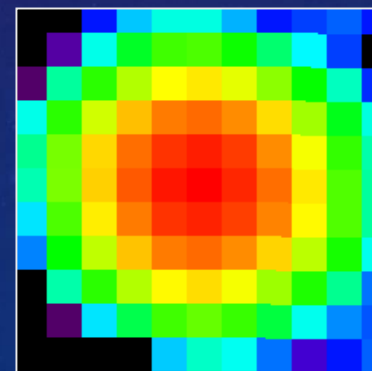
světlo



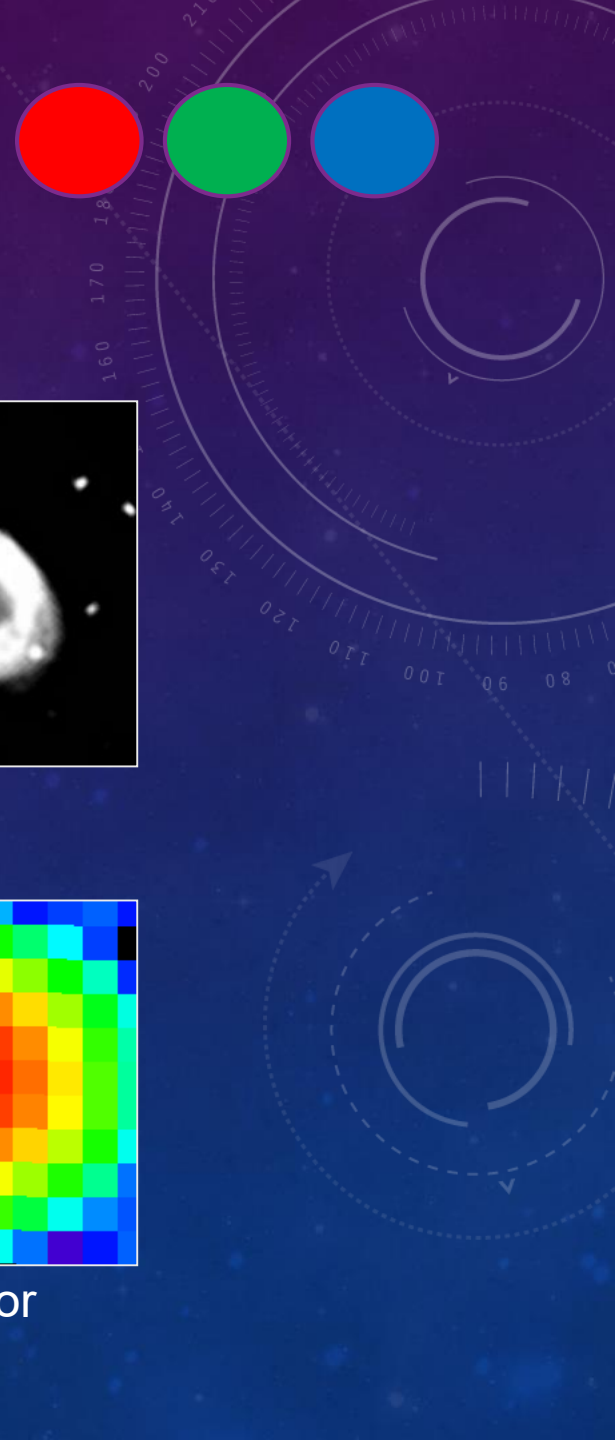
blízká IR



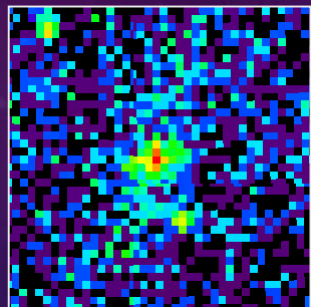
vzdálená IR



rádiový obor



GALAXIE M 65 (SA)



rtg



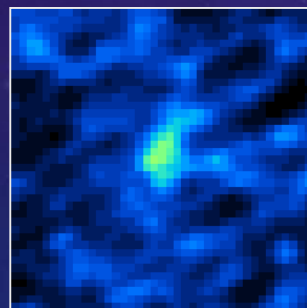
světlo



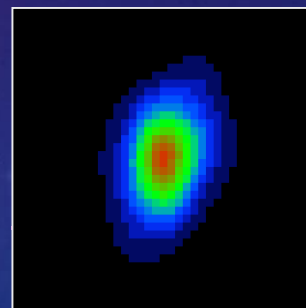
světlo



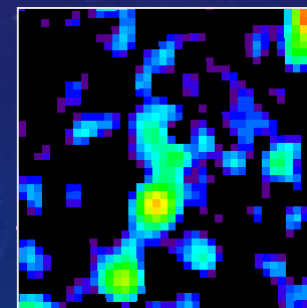
blízká IR



střední IR



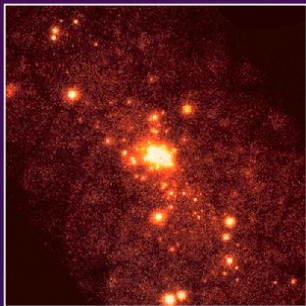
vzdálená IR



rádiový obor



GALAXIE M 31 (SB)



rtg



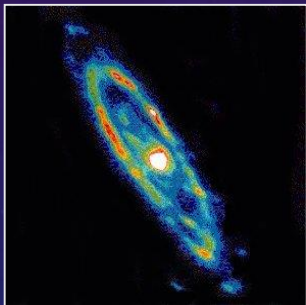
UV



světlo



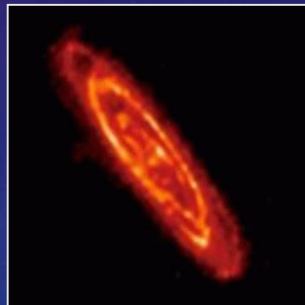
světlo



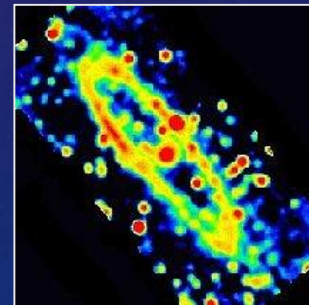
střední IR



střední IR



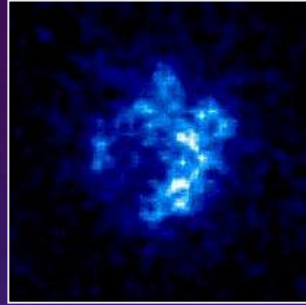
vzdálená IR



rádiový obor



GALAXIE M 100 (SC)



UV



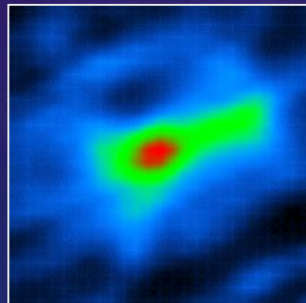
světlo



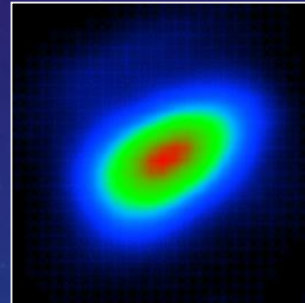
světlo



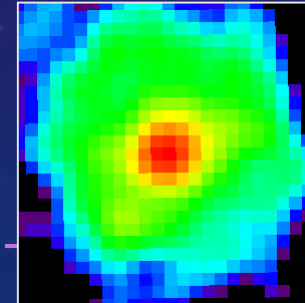
blízká IR



střední IR



vzdálená IR



rádiový obor



AKTIVNÍ GALAXIE M 51



rtg



UV



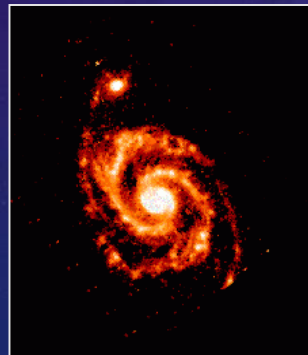
světlo



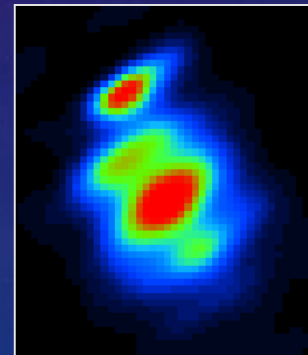
světlo



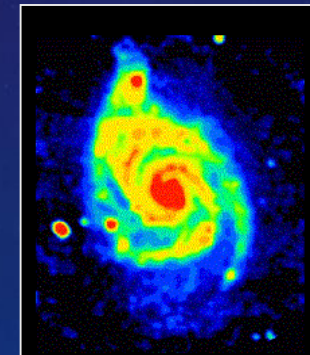
blízká IR



střední IR



vzdálená IR



rádiový obor

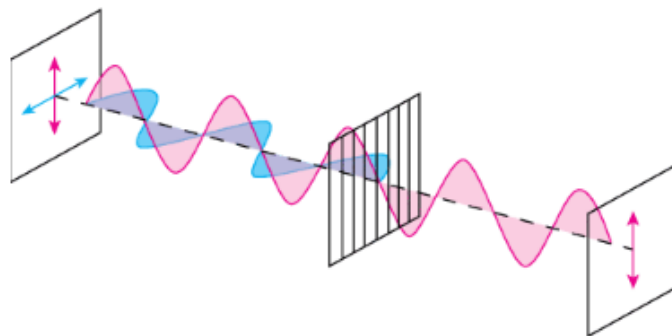


POLARIZACE

- klasifikace

Princip polarizace světla

Světlo je příčné elektromagnetické vlnění, v němž vektor intenzity elektrického pole E je vždy kolmý na směr, kterým se vlnění šíří. Směr vektoru E je v dané rovině u přirozeného světla zcela nahodilý. V případě že vektor E kmitá stále v jedné přímce, je světlo lineárně polarizované.

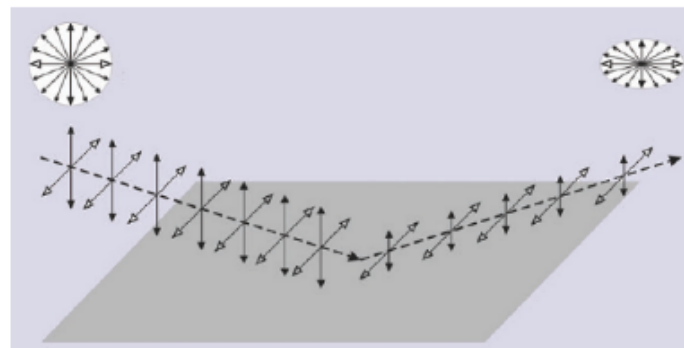


Obr. 1: Vznik polarizovaného světla (zdroj).

Polarizované světlo může vzniknout z nepolarizovaného několika způsoby: odrazem, lomem, dvojlomem, totálním odrazem, absorpcí a rozptylem. Uměle se k vytvoření polarizovaného světla využívají polaroidy. Jsou zhotoveny ze dvou vrstev plastových fólií, mezi nimiž jsou mikroskopické krystalky herapatitu (směsi síranu chininu s kyselinou sírovou, jodovodíkovou a jodem), který umožňuje dvojlom a následnou absorpci jednoho z paprsků.

Částečně polarizované světlo

V přírodě vzniká většinou částečně polarizované světlo. Částečně polarizované světlo o určité vlnové délce je obecně charakterizováno 3 parametry: intenzitou I , stupněm lineární polarizace p a úhlem polarizace α . Sluneční záření je před dopadem na zemskou atmosféru nepolarizované. Při průchodu atmosférou se částečně lineárně zpolarizuje díky interakci s atmosférickými plyny, aerosoly, vodními kapkami a krystaly ledu, nebo odrazem od nekovových povrchů (skály, půda, vegetace).



Obr. 3: Vznik částečně polarizovaného světla odrazem na nekovových površích - vodní hladina (Horváth, 2009).

Vznik částečně polarizovaného světla využívají fotografové použitím polarizačních filtrů při jejich fotografování, docílí tak jejich zvýraznění. Podobně vzniká polarizované světlo při průchodu průhlednými mořskými organizmy jako jsou medúzy. Některé dravé ryby se naučily tuto polarizaci detekovat a medúzy lovit.

Způsoby polarizace světla

Odrazem

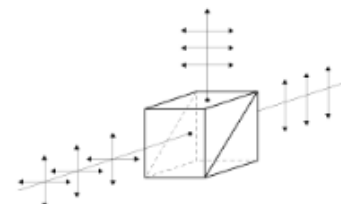
Při odrazu dochází k částečné polarizaci. K úplné polarizaci dochází při dopadu jednobarevného světla pod tzv. Brewsterovým úhlem. Vektor intenzity polarizovaného světla odrazem kmitá v rovině kolmé k rovině dopadu. Tohoto principu se využívá též při průchodu světla Fresnelovým rovnoběžnostěnem.

Lomem

Paprsek dopadající na rozhraní je nepolarizován, při lomu světla dochází vždy pouze k částečné polarizaci. Vektor intenzity elektrického pole polarizovaného světla lomem kmitá v rovině dopadu. Zbývá však složka kolmá k rovině dopadu, která je oslabená. Vyššího stupně polarizace lze dosáhnout opakovaným lomem (např. na soustavě skleněných destiček).

Dvojlomem

Krystaly některých látek jsou anizotropní, rychlost světla je v různých směrech různá. Na rozhraní s krystalem se paprsek rozdělí na dva lineárně polarizované paprsky – řádný a mimořádný, kmitající v rovinách navzájem kolmých. Historicky nejznámější jsou islandský vápenec a křemen.



Obr. 2: Vznik polarizace na islandském vápenci (zdroj).

Absorbí

Některé dvojlomné krystaly se vyznačují tím, že jeden z obou paprsků vzniklých dvojlomem pohlcují. Tento jev se nazývá dichroismus. V přírodě se vyskytuje dichroitický krystal turalín. Jednou z uměle vytvořených dichroitických látek je síran chininodný, nazývaný herapatit. Z tohoto materiálu lze následně vyrobit polarizační filtry, označované také polaroidy.

Rozptylem

Při průchodu zkaleným prostředím se světlo na malých částicích ohýbá a rozptyluje. Rozptýlené světlo je částečně polarizováno a jeho vektor elektrické intenzity kmitá v rovině kolmé k rovině určené dopadajícím svazkem a směrem pozorování. Stupeň polarizace rozptylem se odvíjí od velikosti rozptylujících částic. Čím je průměr těchto částic větší, tím stupeň polarizace klesá. Tohoto druhu polarizace se využívá např. při studování roztoků.

Parametry charakterizující částečně polarizované světlo

- intenzita I

množství fotonů dopadající kolmo k jednotce plochy za jednotku času

- stupeň lineární polarizace p

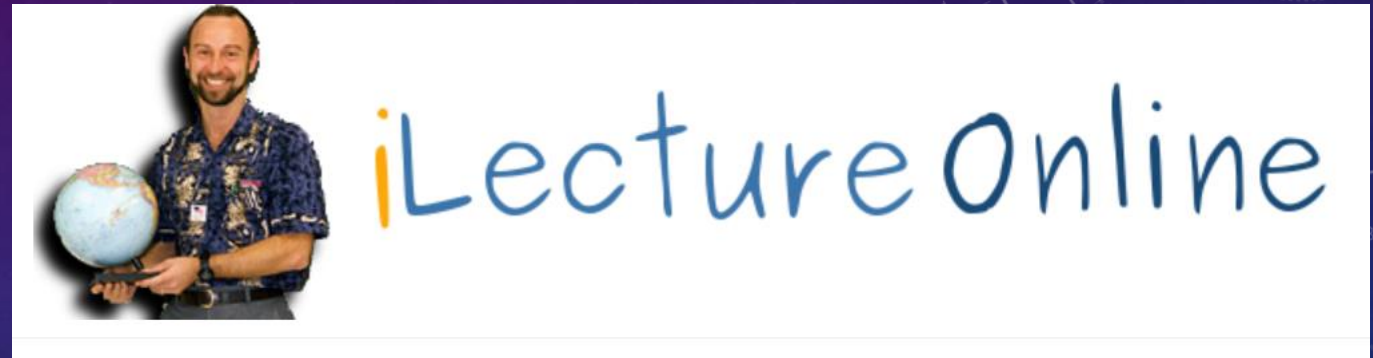
procento fotonů vibrující v rovině polarizace.

- úhel polarizace α

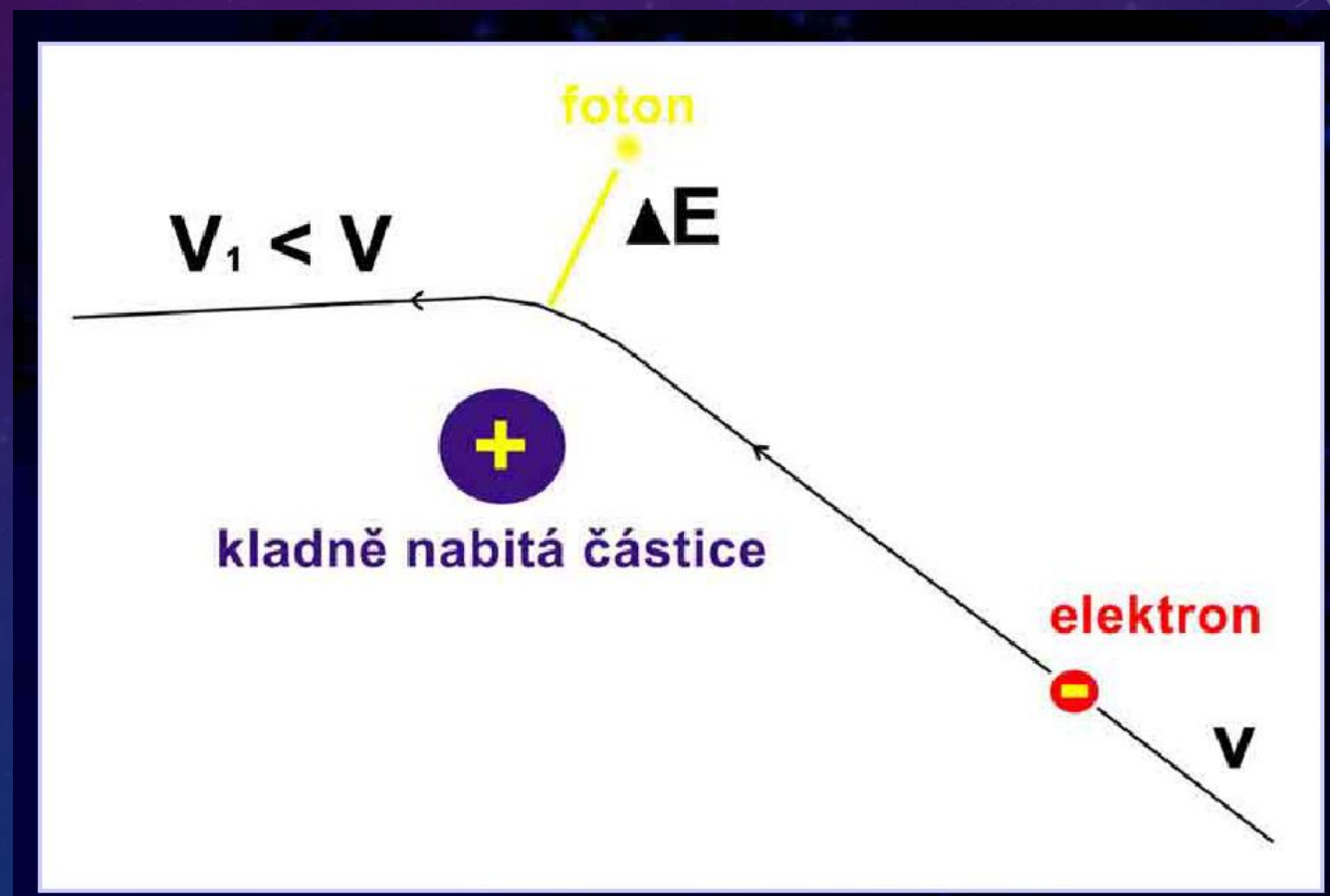
úhel mezi rovinou oscilace vektoru intenzity elektrického pole a vertikálním směrem

ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ

- Lectures in Light and Electromagnetic Radiation
- <http://www.ilectureonline.com/lectures/subject/ASTRONOMY/2/6>



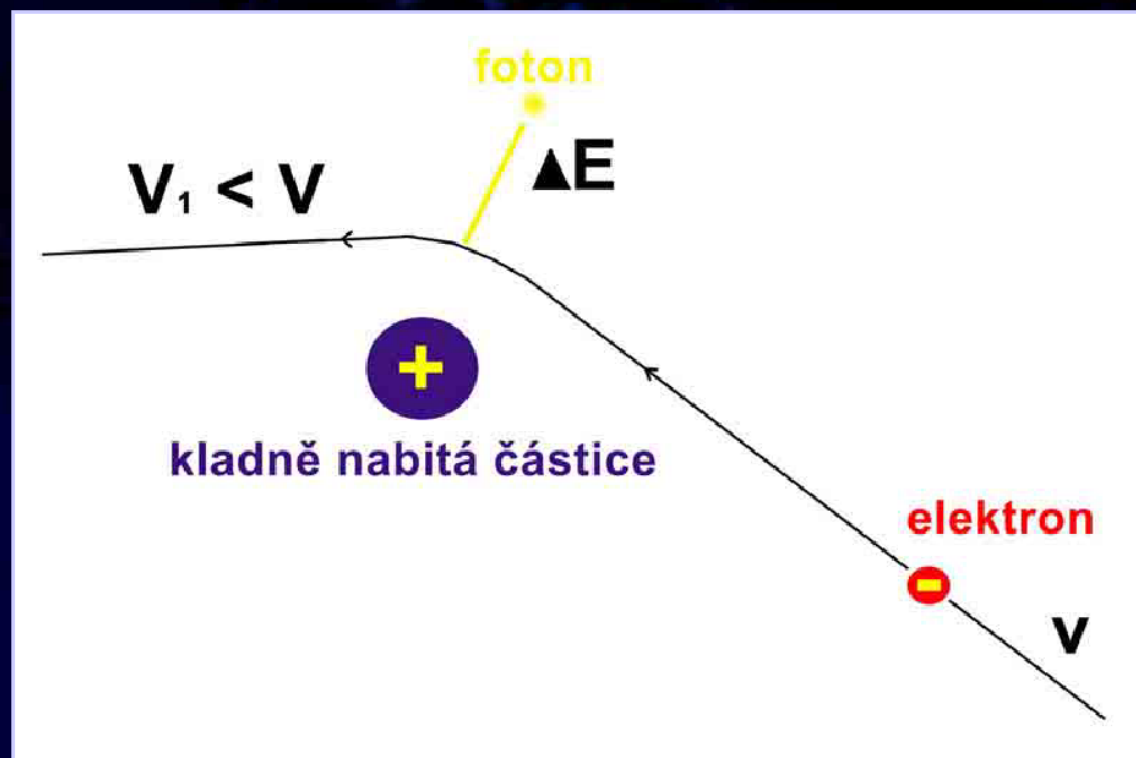
BRZDNÉ ZÁŘENÍ, CYKLOTRONOVÉ A SYNCHROTRONOVÉ ZÁŘENÍ



Brzdné záření

Změna hybnosti částic je vyrovnána vyzářením fotonového kvanta (fotonu).

Nabitá částice jejíž hybnost se mění.



Magnetické brzdné záření

Působením Lorentzovy síly se dráha elektronu v magnetickém poli zakřivuje, elektron mění hybnost – musí vyzařovat.

Záření je polarizované.

Cyklotronové $v \ll c$

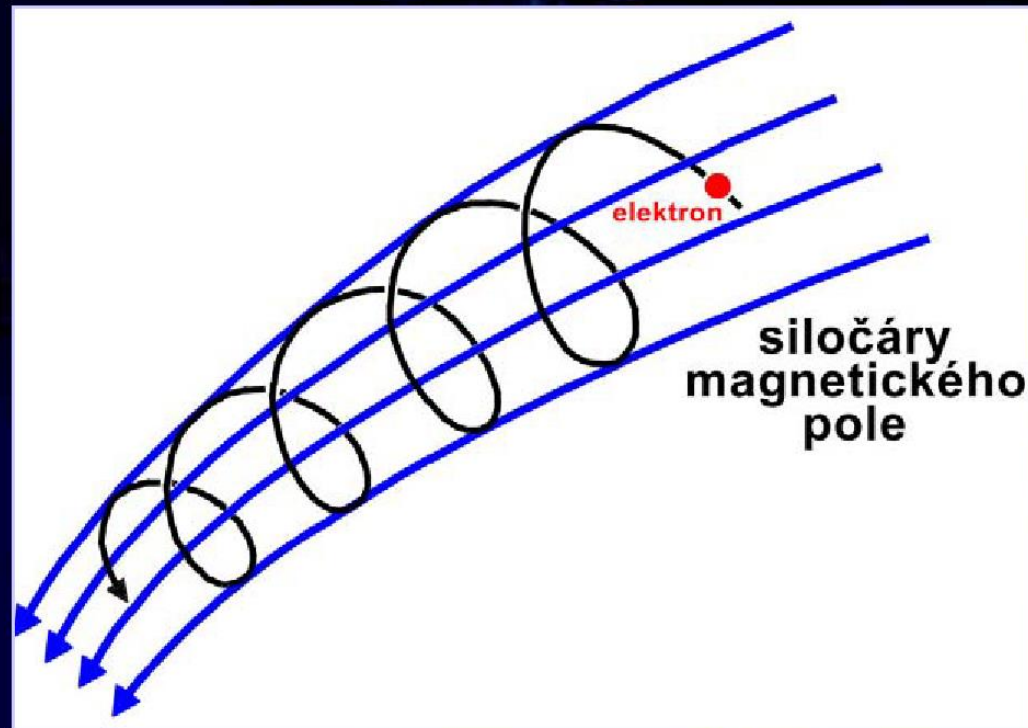
Synchrotronové $v \approx c$

Magnetické brzdné záření

Cyklotronové

$$v \ll c$$

- Elektron září všesměrově.
- Kmitočet je roven frekvenci jeho oběhu.

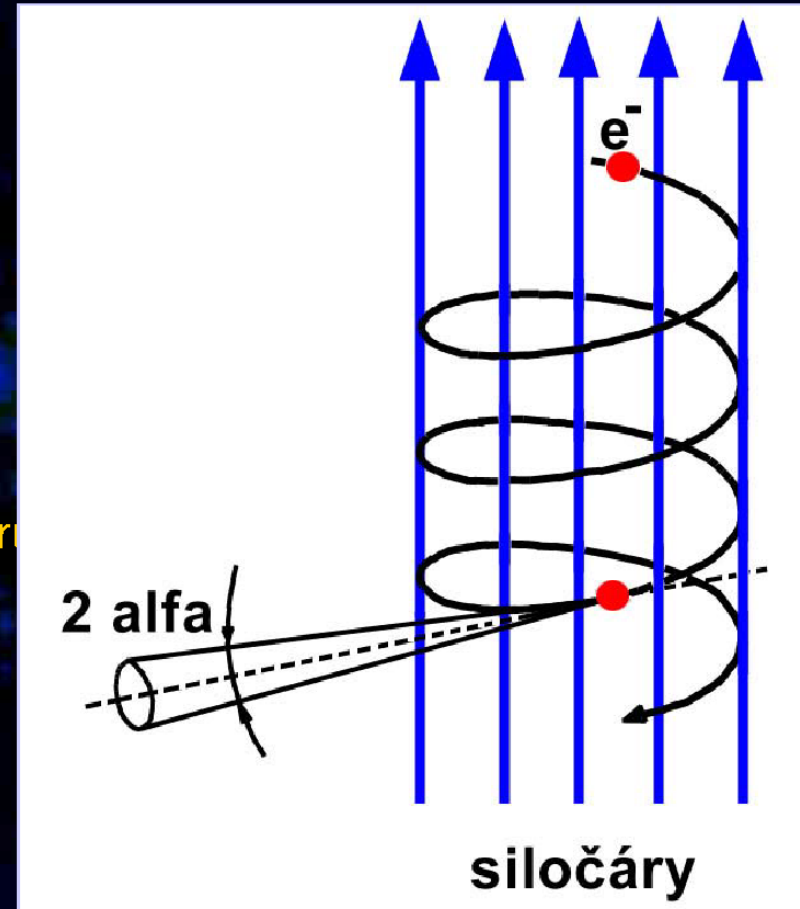


Magnetické brzdné záření

Synchrotronové

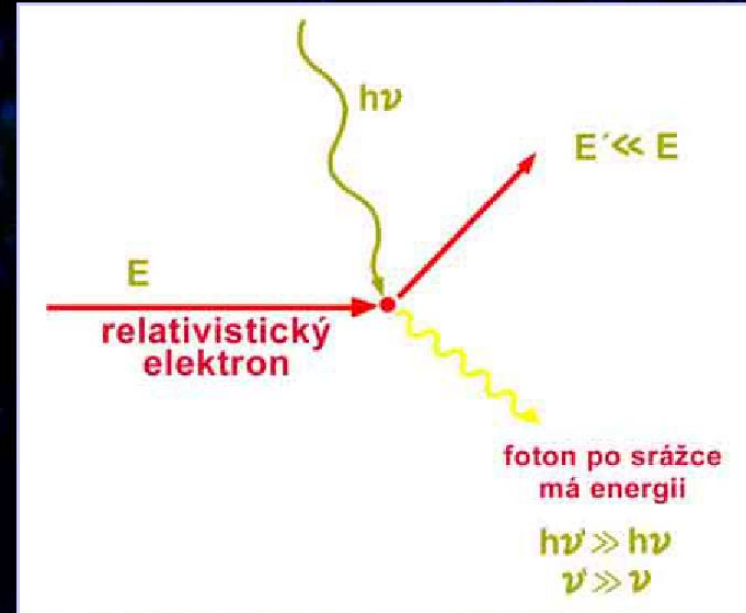
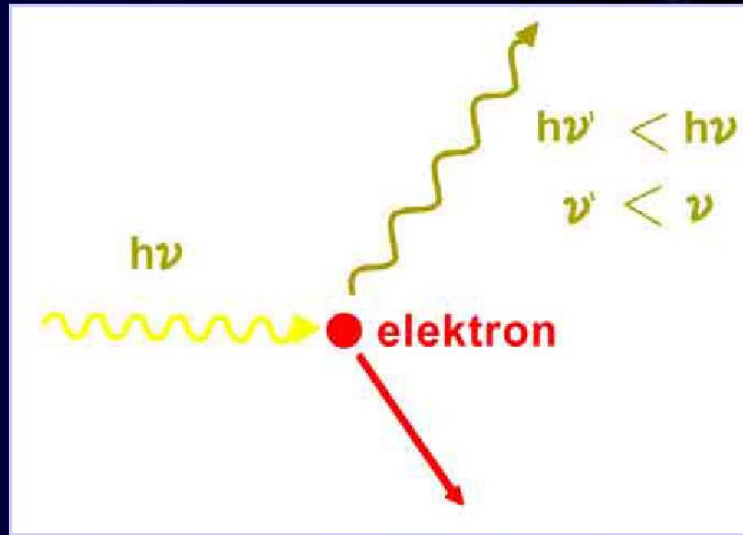
$$v \ll c$$

- E_k elektronu $> E_0$
- Elektron září úzce směrově (ve směru pohybu).
- Vrcholový úhel kuželu je tím menší čím větší je energie elektronu.
- Vliv relativistických efektů.
- Základní frekvence, násobky frekvence, spojité spektrum (s růstem energie).



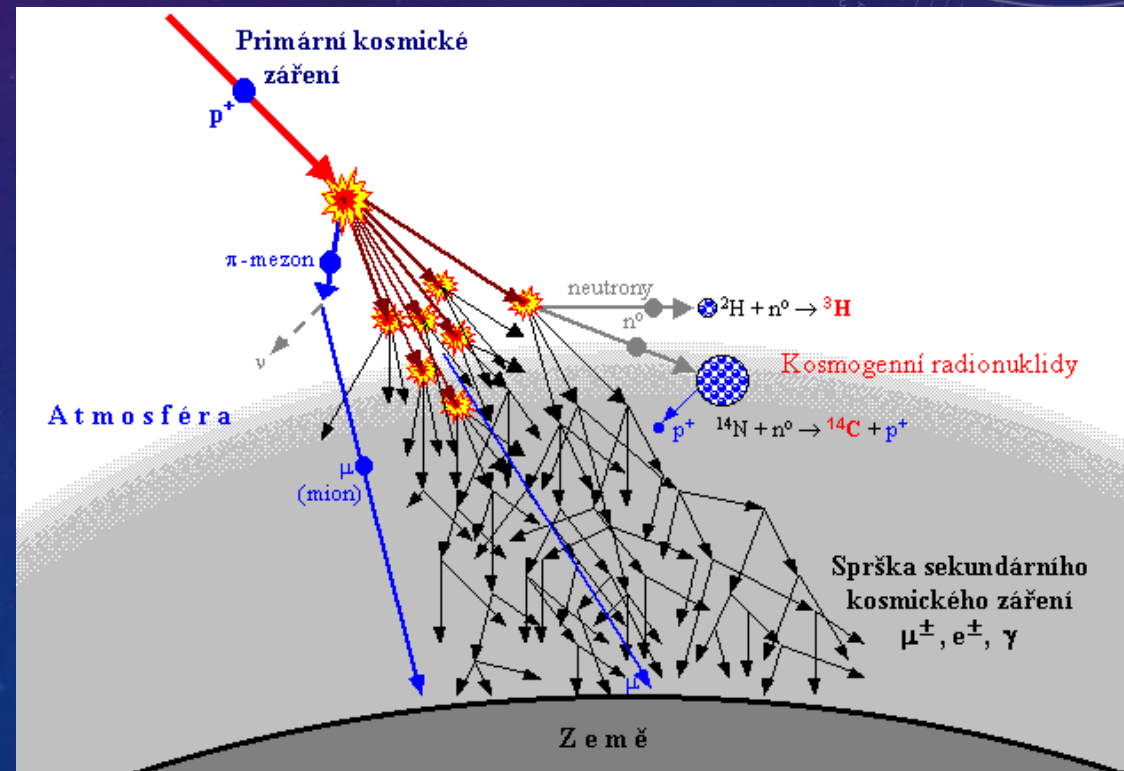
Comptonovy jevy

Comptonův jev versus inverzní Comptonův jev



KOSMICKÉ ZÁŘENÍ, NEUTRINA, GRAVITAČNÍ VLNY

- [Neutrino](#)
- <https://www.youtube.com/watch?v=0mXW1zPlxEE&t=73s>
- [Gravitační vlny](#)
- <https://www.youtube.com/watch?v=EAYk2OsKvtU>
- [Kosmické záření](#)
- <https://www.youtube.com/watch?v=g79uppMX-Y>



THE END

- This images are courtesy of Nick Strobel at www.astronomynotes.com