



Informace z vesmíru

Meteority

22. 10. 2024:

Databáze meteoritů – 76 553 položek

z toho: 707 měsíčních, 391 marsovských meteoritů,

ale několik také z planetek (<http://www.lpi.usra.edu/meteor/>)

28 v ČR, 7 v SR



meteorit z Měsíce



meteorit z Marsu ALH84001;
řetízkovité struktury v meteoritu
(rozměry 20-100 nm)



doloženy případy pozorování průletu atmosférou
a nálezu následného meteoritu;
poprvé 1957 Příbram (Ceplecha),
2010 Košice,
2011 Benešov (Spurný),
2013 Čeljabinsk

2005 – 1. meteorit na jiné planetě (Mars)



Typy meteoritů:

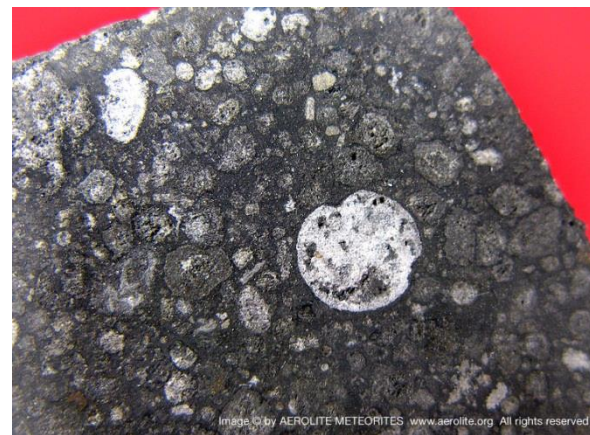
- **kamenné** - chondrity,
- achondrity,
- uhlíkaté chondrity
- **železné**



kamenný
chondrit



chondrule



Widmanstättenovy
obrazce



- **železnokamenné**



železnokamenný
meteorit

Největší meteorit na světě

Hoba - nález 1920, Namibie
hmotnost > 60 tun, Fe+Ni
stáří max. 80 000 let



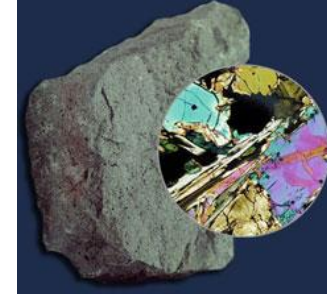
Dovoz vzorků

z Měsíce:

1969-1972 USA – Apollo – 6 posádek – 382 kg vzorků

1970-1976 Sovětský svaz – automat Luna – 0.32 kg vzorků

2020 Čína - Chang'e 5, 6 – 1.731 kg +1.935 kg vzorků (i z odvrácené strany)



z komet:

1999 start Stardust - výzkum komety Wild-2 a sběr prachových částic v meziplanetárním prostoru a při průletu kómu komety. Návrátové pouzdro přistálo na Zemi v lednu 2006.

1998 Hayabusa - přistání na planetce Itokawa a odběr vzorků; při návratu r. 2010 se modul zřítil na povrch Země, ale v troskách se vzorky planetky Itokawa podařilo najít.

z planetek:

2014 start Hayabusa 2, září 2018 – přistání na Ryugu, 2019 – odběr vzorků, návrat se vzorky 6.12.2020

2016 start OSIRIS-REx – 3.12.2018 na dráze u Bennu, 20.10.2020 odběr vzorků
24.9.2023 návrat se 121.6 g vzorků (2x více než plánovali)



Dovoz vzorků

částice slunečního větru:

2001 start sondy Genesis – plán: 3 roky sběr částic slunečního větru.

Návratovému pouzdru se neotevřel padák => modul byl silně poškozen



srážky družic a kosmických lodí s mikročásticemi



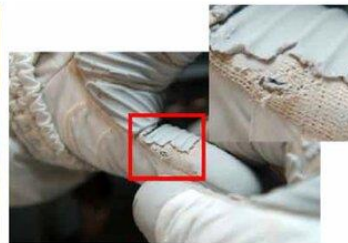
(a) Impact on a Hubble Space Telescope (HST) solar cell. Diameter, $d=2.4$ mm



(b) Largest crater found on the International Space Station (ISS) airlock panels. Diameter, $d=1.8$ mm



(c) Largest crater found on the handrails of the ISS. Diameter, $d=1.85$ mm and 0.33 mm-high crater lips



(d) Damage on astronaut mastracchio's left glove due to a crater lip on the ISS's handrails

plány:

NASA (**Asteroid Redirect Mission - ARM**) – odchytit asteroid, dotáhnout k Zemi nebo Měsíci a na oběžné dráze blíže prozkoumat (uzavřeno 2017)

Plánované cíle odběrů: planetka Kamo'oaewa, trpasličí planeta Ceres, Mars (Čína), Phobos (Japonsko), Mars (NASA+ESA), kometa (NASA), Měsíc a Mars (Rusko), Měsíc (Indie)

Kosmický vítr aneb nálety částic

Kosmické záření

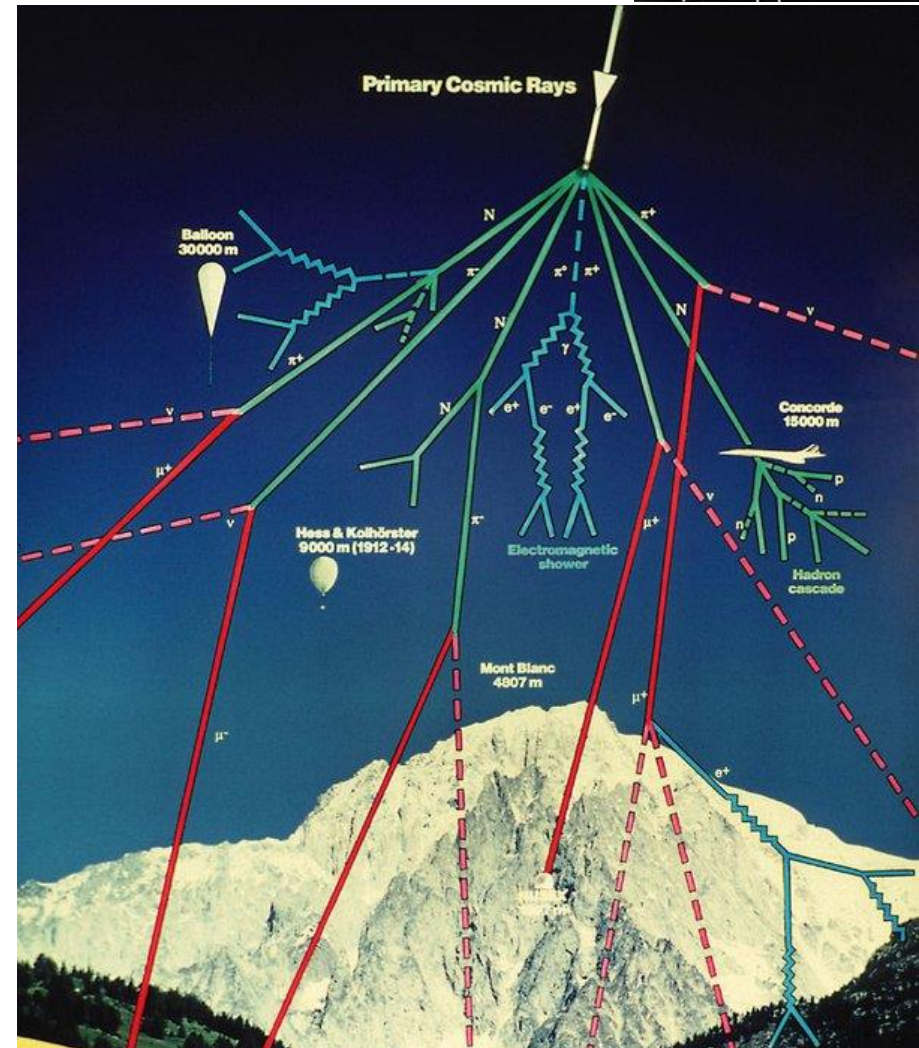
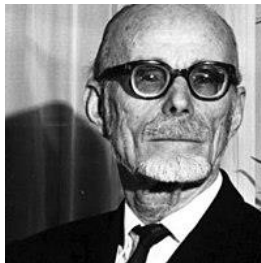
1912 objev - Victor Franz Hess - během balonového výstupu v Ústí nad Labem – intenzita roste s výškou („výškové záření“);



primární (před dopadem do atmosféry Země)

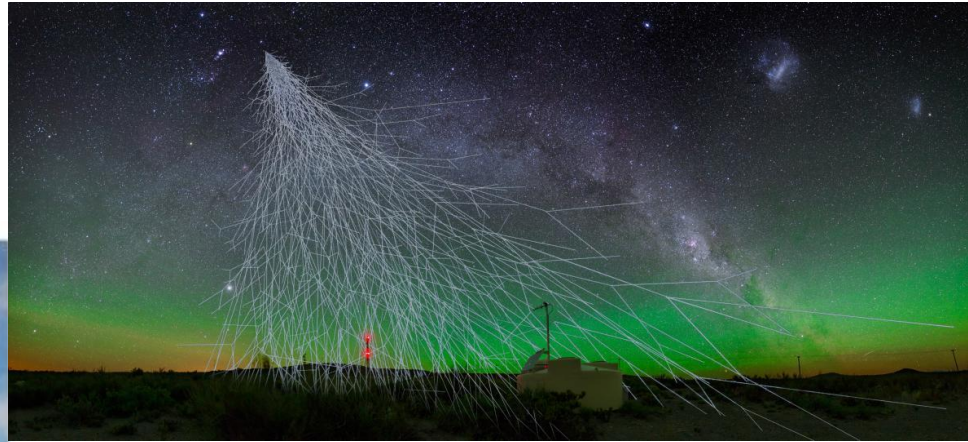
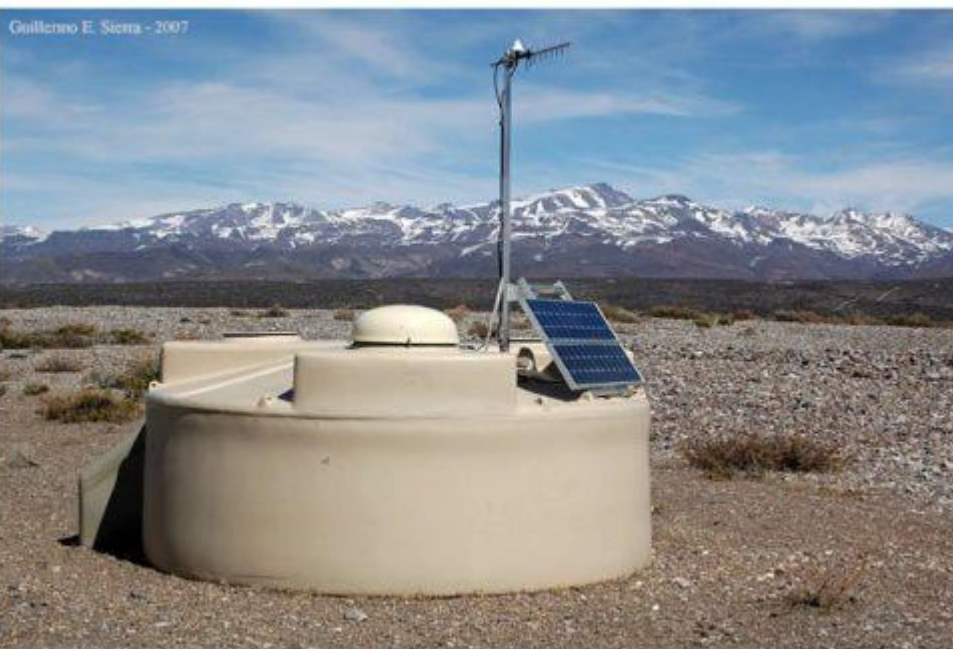
- 90 % protony, 9 % jádra hélia a 1 % e^-

sekundární – vznik v 12-15 km nad zemí, z 1 primární částice až 10^6 sekundárních částic záření 1938 Pierre Victor Auger)

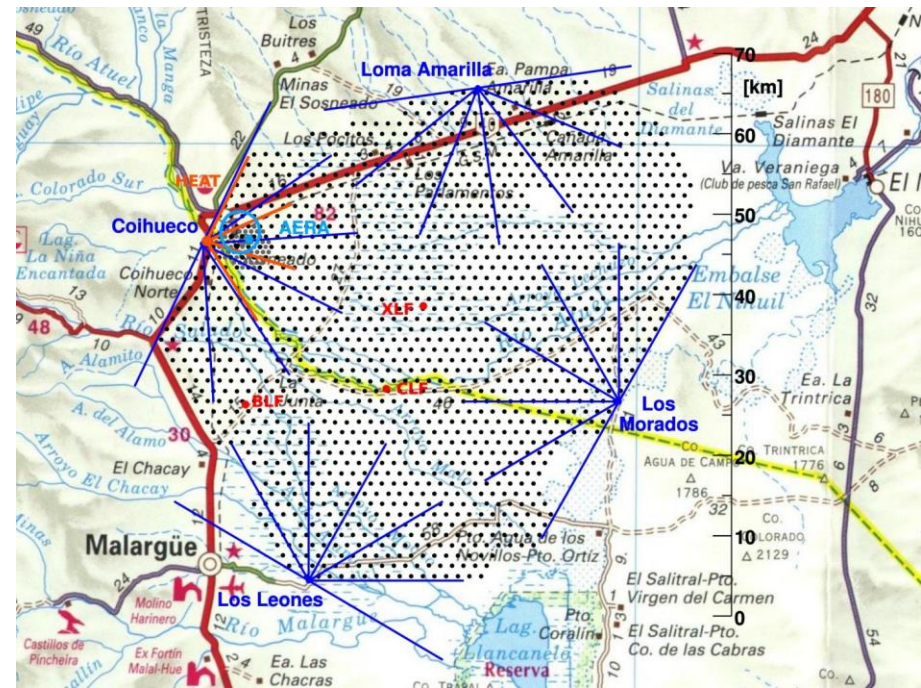


původ není zcela jasný – ale v r. 2017 – kosmické záření s nejvyššími energiemi má extragalaktický původ

Guillermo E. Sierra - 2007



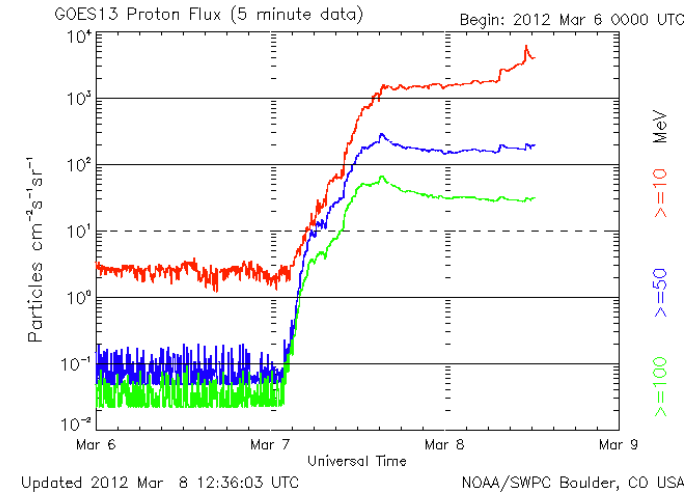
<http://www.auger.org/>



Kosmický vítr aneb nálety částic

Sluneční vítr

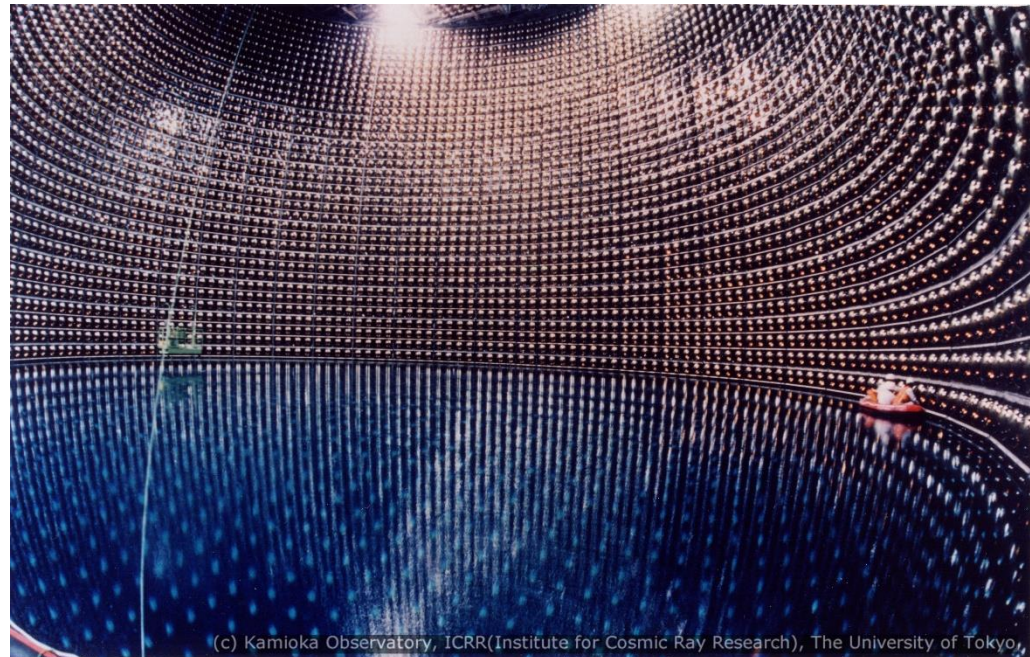
proud částic z koróny - protonů, α částic a elektronů;
rychlost 300 až 700 km/s;
hustota - obvykle 3 až 15 částic/cm³, ale může narůst i o několik řádů <http://www.aurora-service.eu/aurora-forecast/>
<https://www.swpc.noaa.gov/products/aurora-30-minute-forecast>
<https://aurora-alerts.com/>



Hvězdný vítr



Neutrína

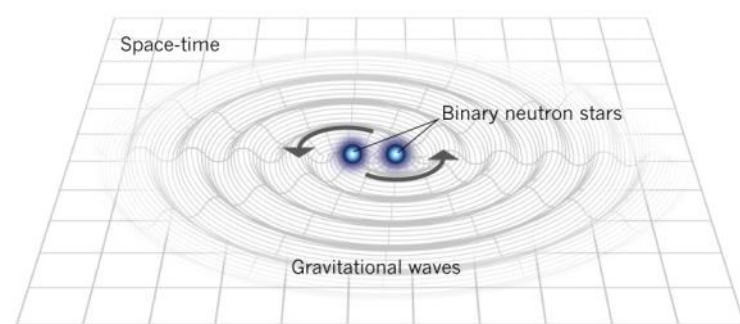
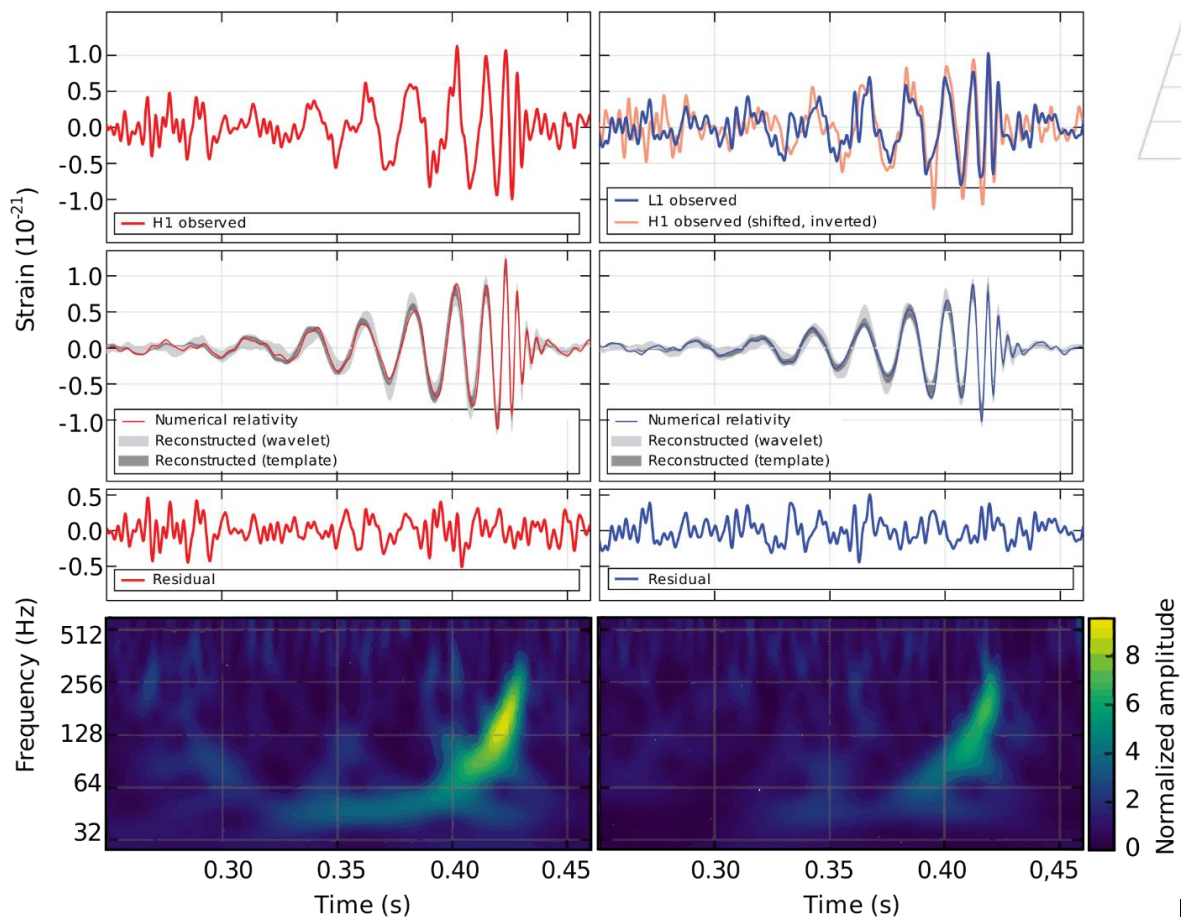


(c) Kamioka Observatory, ICRR(Institute for Cosmic Ray Research), The University of Tokyo,

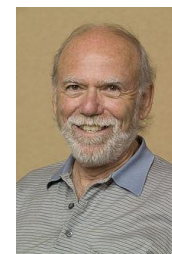
Gravitační vlny

Hanford, Washington (H1)

Livingston, Louisiana (L1)



Nobelova cena za fyziku 2017

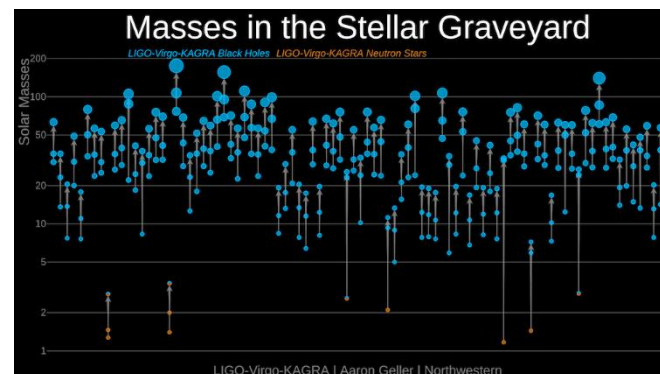


Rainer Weiss, Kip Thorne, Barry Barish

1. detekce: 14.9.2015;
do r. 2024 desítky detekcí – katalog Gravitational
Wave Candidate Event Database (**GraceDB**)

<https://gracedb.ligo.org/>,

<https://www.ligo.org/detections/O3bcatalog.php>



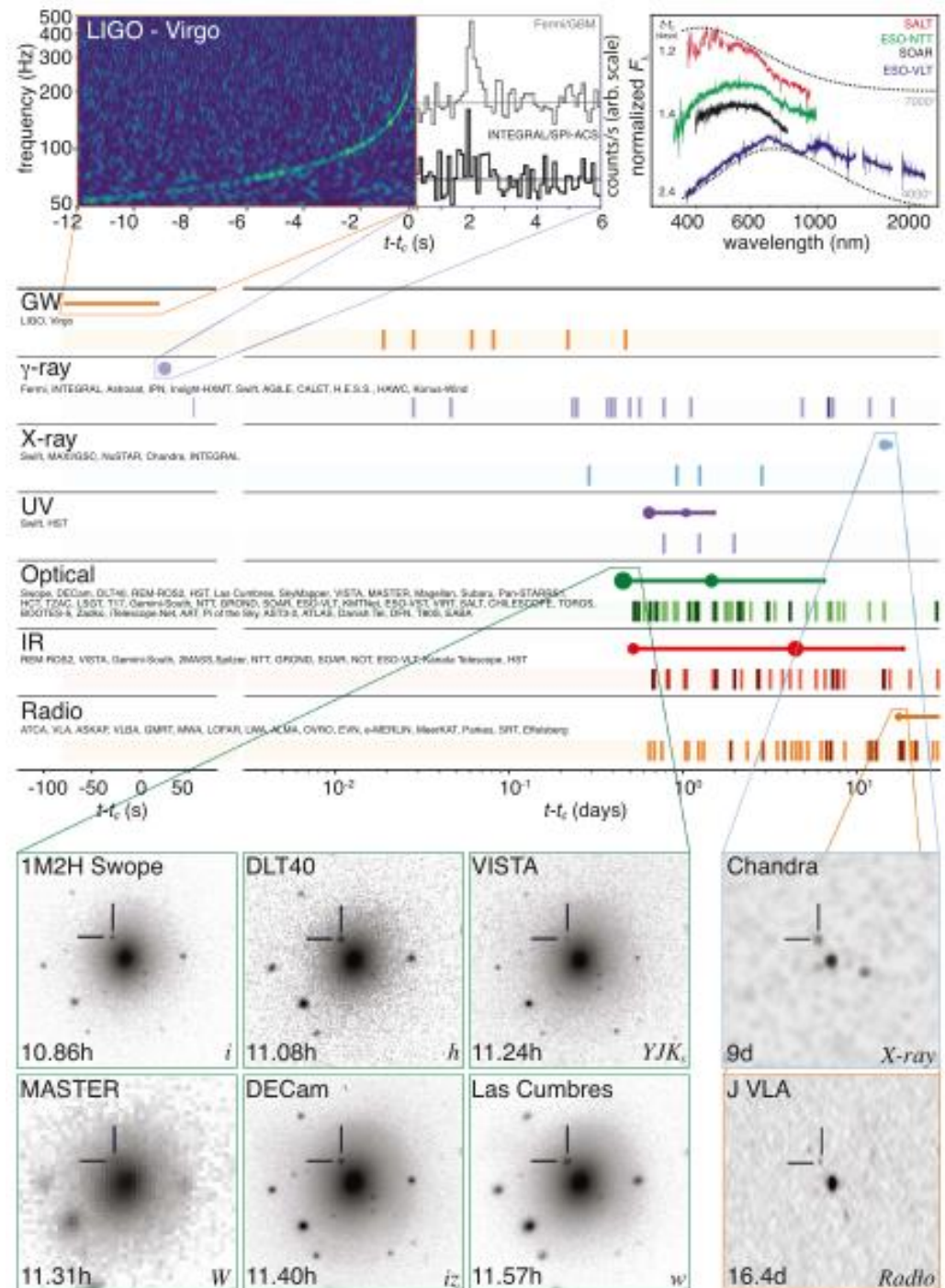
17. srpna 2017 GW170817

1. případ s následným pozorováním v různých oblastech elmg. spektra

70 observatoří na 7 kontinentech!

multi-messenger astronomy

mnohopásmová astronomie



Elektromagnetické záření

Nejrozšířenější formou, jakou nám okolní vesmír o sobě předává informace!

Elmg. záření - *příčné vlnění*, charakteristika - kmitočet (frekvence), vlnová délka

x

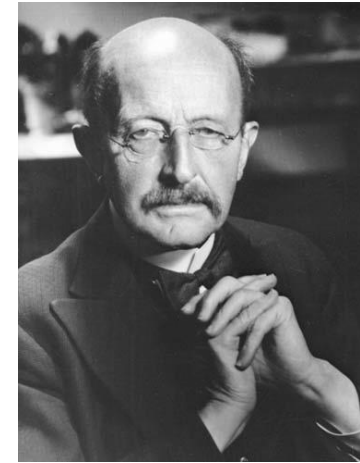
částice, tzv. *fotony*, charakteristika - energie a hybnost

Max Planck (1900) - energie fotonu \sim kmitočtu záření

vysvětlení pozorovaných jevů za předpokladu:

- vlnové povahy (např. ohyb záření),
- částicového charakteru (např. fotoefekt)

=> dualismus vlna-částice



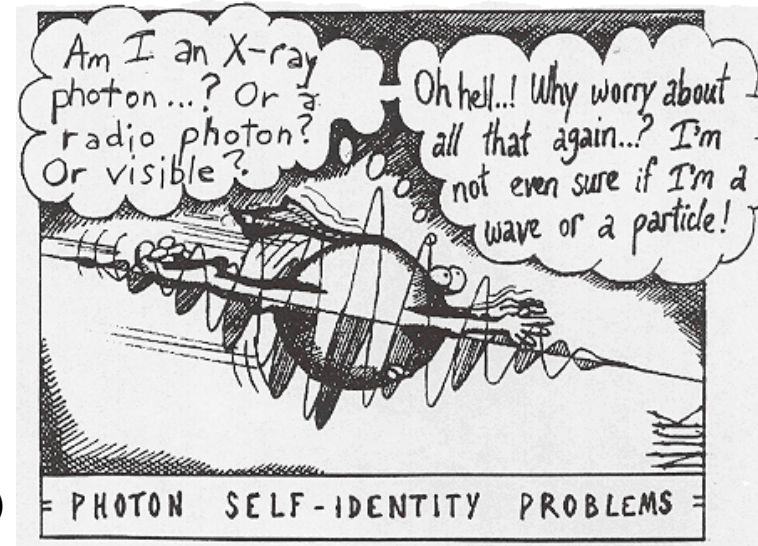
základní vztahy $c = \lambda\nu$, $E = h\nu$

c - rychlost šíření světla v daném prostředí (ve vakuu maximální 299 792,458 km·s⁻¹),

h - Planckova konstanta ($h = 6,62607015 \cdot 10^{-34}$ J·s).

energie fotonu je kvantována

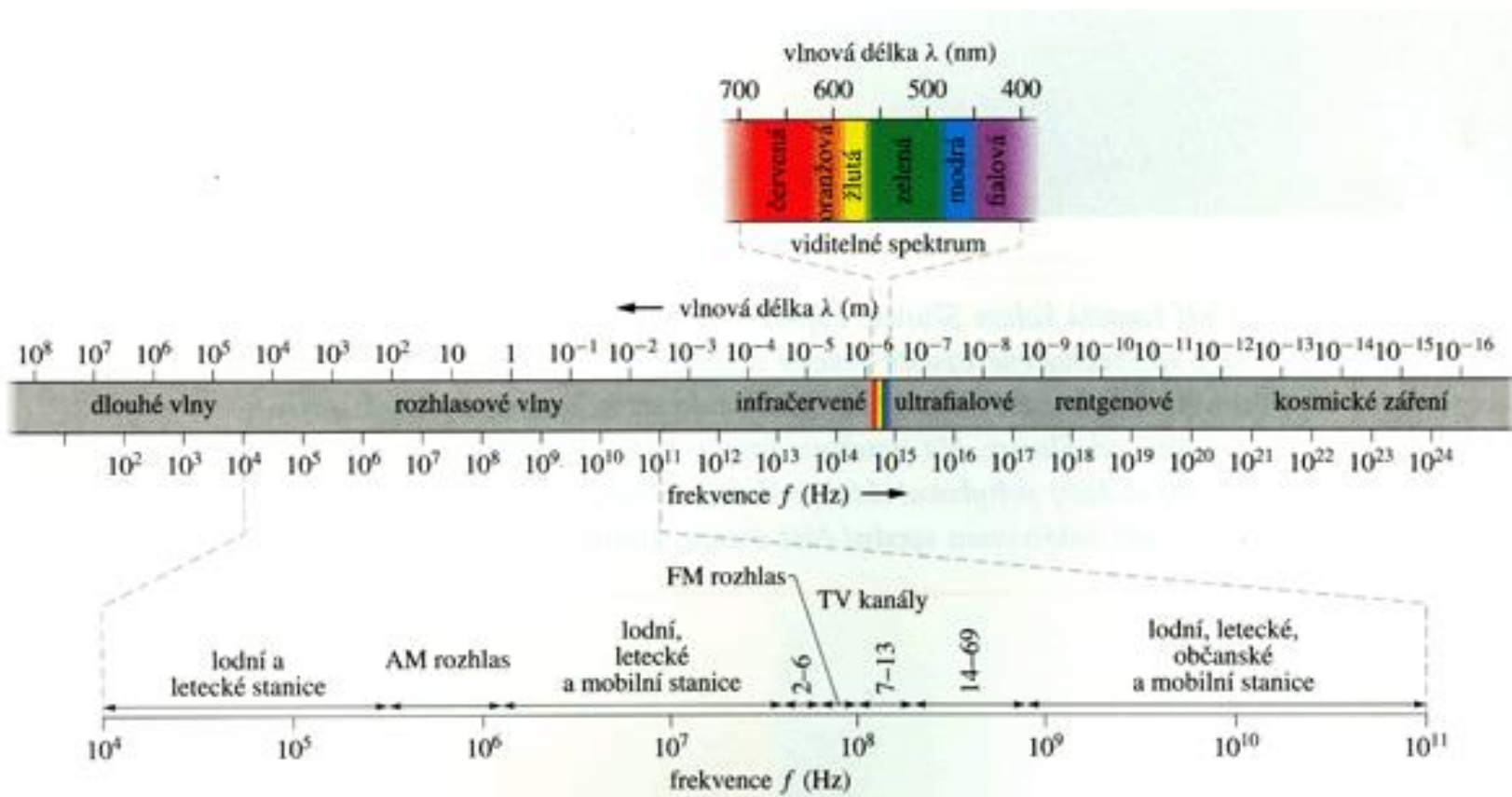
kvantum energie se mění (v závislosti na kmitočtu záření)



Elektromagnetické záření

rozdělení podle vlnových délek

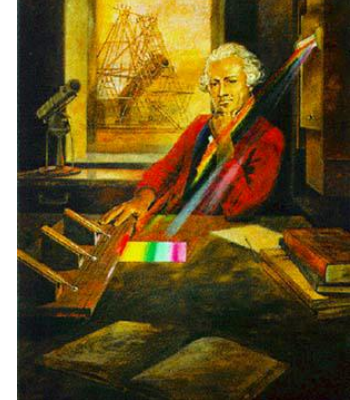
<u>Záření</u>	<u>Rozsah vlnových délek</u>
rádiové	1 m až 100 km
mikrovlnné	1 mm až 1 m
infračervené	750 nm až 1 mm
viditelné	400 nm až 750 nm
ultrafialové	50 nm až 400 nm
rentgenové	0,1 nm až 50 nm
gama	méně než 0,1 nm



Kdo byl první?

1800 - William **Herschel** - objev IR záření - rtuťový teploměr vložený do slunečního spektra ukazuje zvýšené hodnoty i za viditelným červeným okrajem spektra

1801 - Johann Wilhelm **Ritter** – UV záření



1887 - Heinrich **Hertz** - rádiové záření (laboratorní – generoval záření o vlnové délce 10-100 m)

konec 19. st. – Wilhelm **Röntgen** (8.11.1895)



1900 – Paul Ulrich **Villard** – objev γ záření (1914 Rutherford, Andrade)



1931 - Karl **Jansky** - mimozemské rádiové záření (z centra Galaxie)

Okna do vesmíru

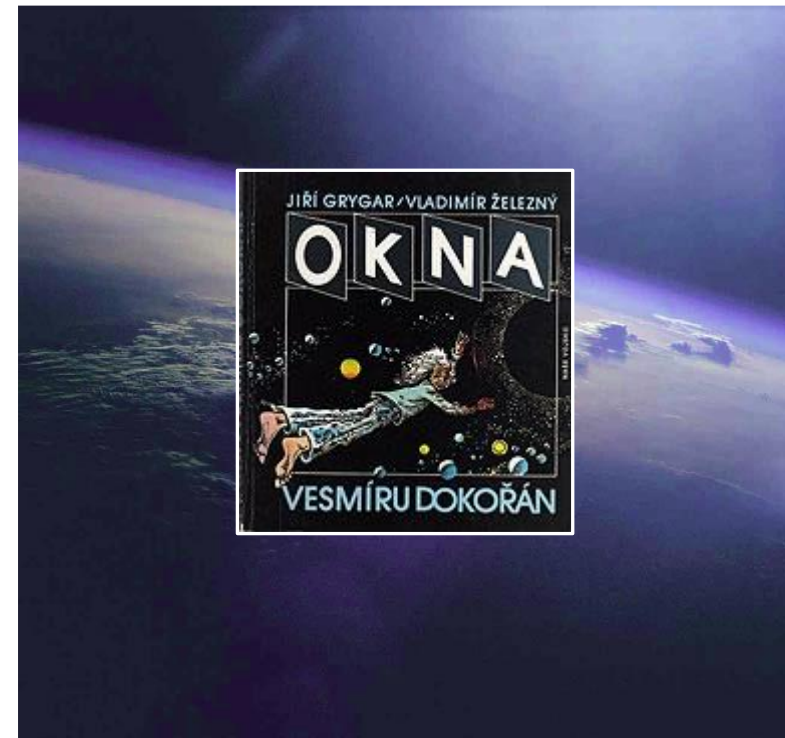
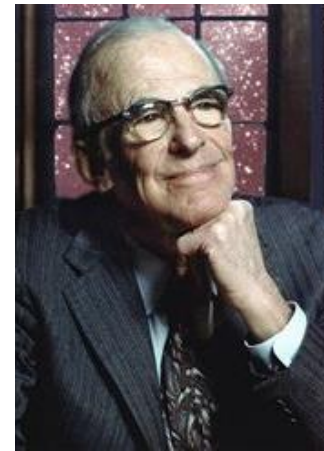
- astronomický pořad – Okna vesmíru dokořán
- oblasti elektromagnetického záření, ve kterých jsou získávány informace o kosmických objektech

otevírání oken:

1931 - rádiové – Karl Jansky

1946 - UV - Richard Tousey - spektrometr na V2
ultrafialové spektrum Slunce

1966 - UV, rtg., gama - Lyman Spitzer - OAO
počátek 21. století - všechna „okna“ otevřena



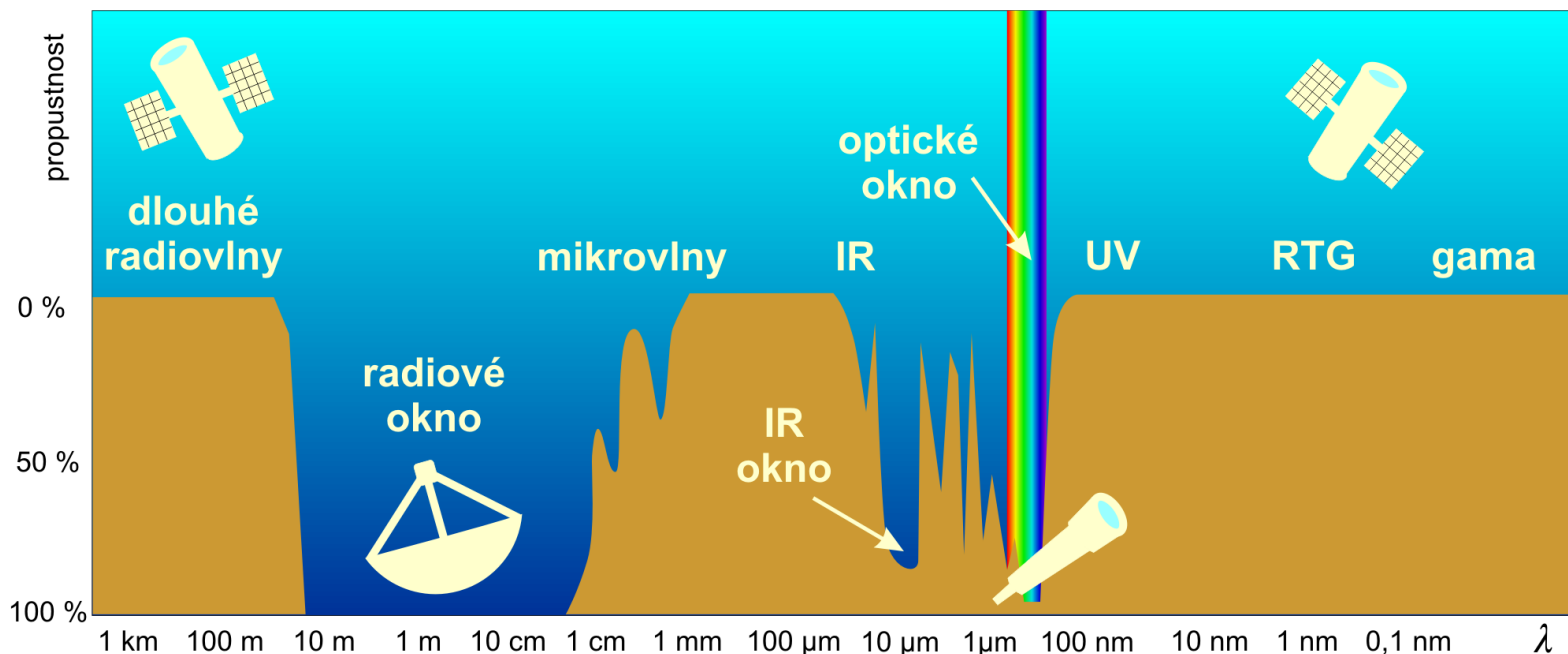
Okna v atmosféře

zemská atmosféra = filtr - propouští jen některé oblasti spektra => *atmosférická okna*

záření s nejkratšími vlnovými délkami (γ až UV) pohlcuje především atm. ozon
optické okno – velmi úzké

infračervené okno – částečně propustné, velká část IR a mikrovlnného záření pohlcena molekulami vody a kyslíku

rádiové okno - rádiové záření kosmických objektů s λ řádově 10^{-3} až 10 m
delší vlnové délky - nepropouští zemská ionosféra



Proč a jak tělesa září?

Jak vzniká záření?

změna energetického stavu atomu, molekuly, elementární částice:

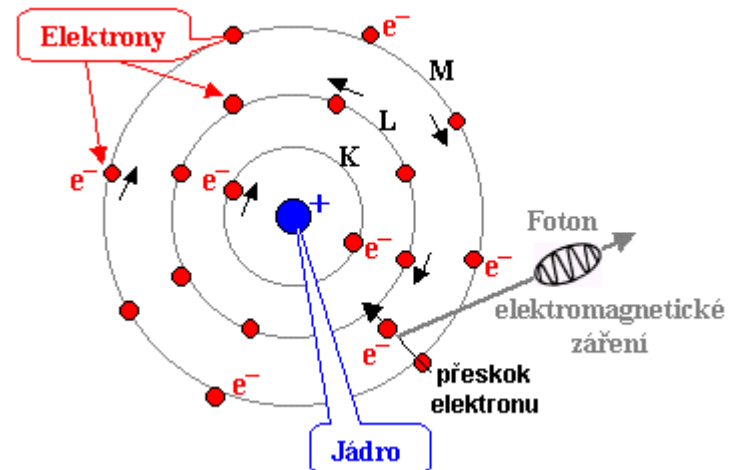
vyzářením (emisí)

pohlcením (absorpcí) kvanta elektromagnetického záření.

změna energie závisí na způsobu vzájemného působení částice a okolí

částice *vázané* - v atomu nebo molekule – jen určité energie

částice *volné* – přechody mezi dvěma libovolnými energetickými stavy (případně jeden stav je „volný“ a druhý vázaný).

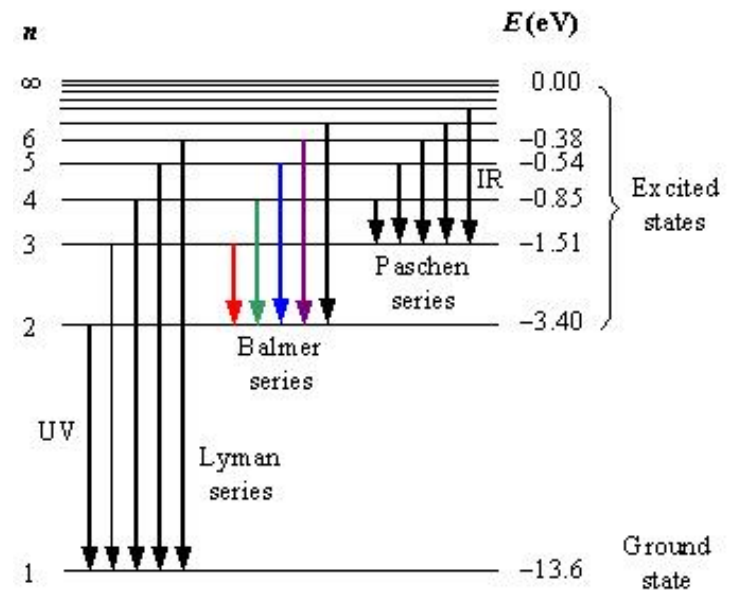
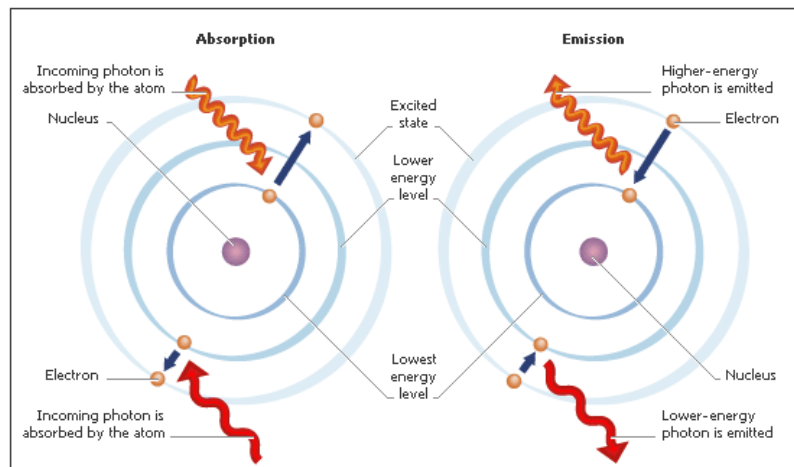


Záření vázaných částic

Přeskok elektronu mezi energiovými hladinami => tvorba diskrétního záření
=> spektrální čáry

Absorpce – pohlcení fotonu o dané energii, odpovídající rozdílu mezi dvěma energiovými hladinami (excitace atomu)

Emise – vyzáření fotonu o energii dané rozdílem mezi dvěma energiovými hladinami

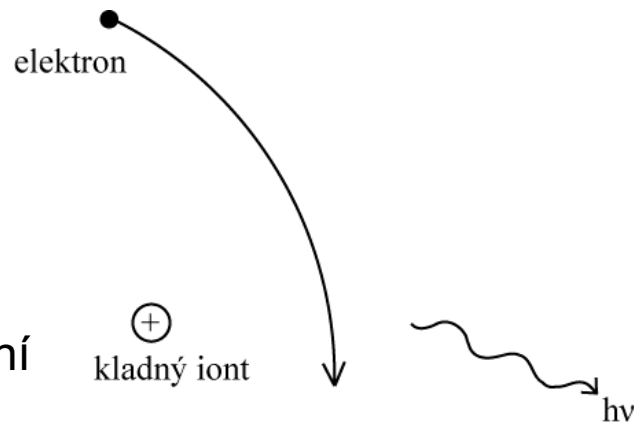


spektrální čáry vodíku

Záření volných částic

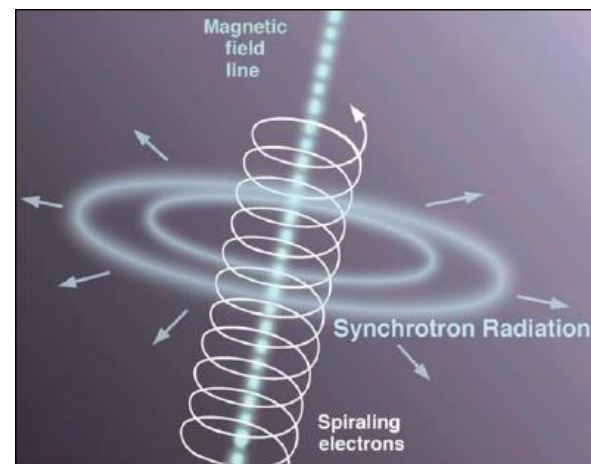
jen elektricky nabité částice, pohybující se *zrychleně*
např. volné elektrony

- průlet kolem kladného iontu => zakřivení trajektorie, změna rychlosti => změna hybnosti => vyzáření fotonu s energií $h\nu$ (tzv. *brzdné záření*)
- pohyb elektronu v magnetickém poli => Lorentzova síla => zakřivení trajektorie a vyzařování elektronu



charakter záření závisí na rychlosti elektronu

- $v \ll c \Rightarrow$ **cyklotronové záření** - všesměrové záření na kmitočtu odpovídajícím frekvenci oběhu elektronu v urychlovači
- $v \approx c \Rightarrow$ **synchrotronové záření** - relativistické efekty; prakticky spojité spektrum záření.





Tepelné záření – záření absolutně černého tělesa

absolutně černé těleso AČT – zavedl Kirchhoff (1860)



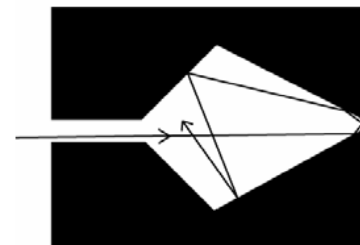
pozor!

tělesa jsou „černá“, když nezáří x AČT září (a jeho barva závisí na teplotě)

AČT - idealizovaná představa: prázdná nádoba s malým otvorem a dutinou tvaru koule, kužele nebo válce.

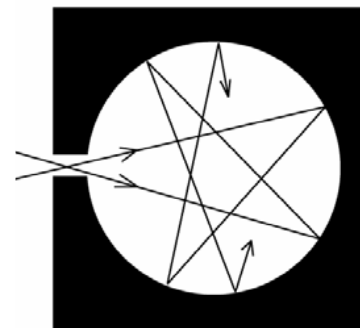
záření uvnitř dutiny

- po nesčetných odrazech na stěnách se pohltí
- „plyn“ v tepelné rovnováze se stěnami nádoby
=> přísluší mu jistá teplota => jde o *rovnovážné tepelné záření*.



Každé těleso zahřáté na jakoukoli teplotu září => *září i AČT*.

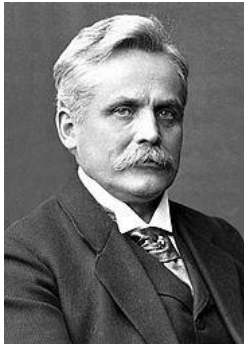
Energie vyzářená jednotkovou plochou AČT za sekundu **závisí jen na teplotě** a nezávisí na materiálu či tvaru stěn.



Z experimentů:

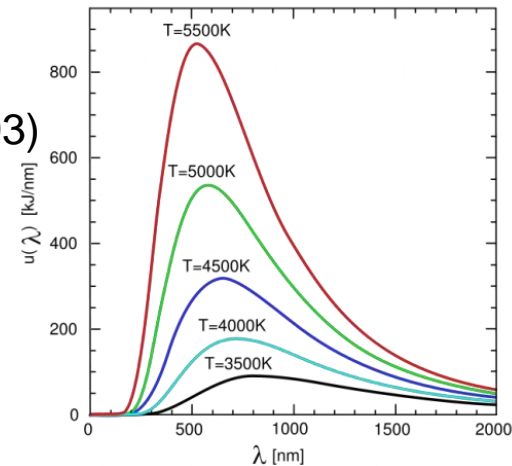
čím vyšší teplota T absolutně černého tělesa,

1. tím více vyzařuje (celkově i v jednotlivých vlnových délkách);
2. tím více se posouvá ke *kratším* vlnovým délkám maximum vyzařování => změna zabarvení zářiče (od červené (chladný) až po modrobílé pro žhavý)



matematically: **Wienův posunovací zákon** (1893)

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T} \quad (b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K})$$



Celkové množství vyzážené energie $\sim T^4$ **Stefanův-Boltzmannův zákon** (1884)

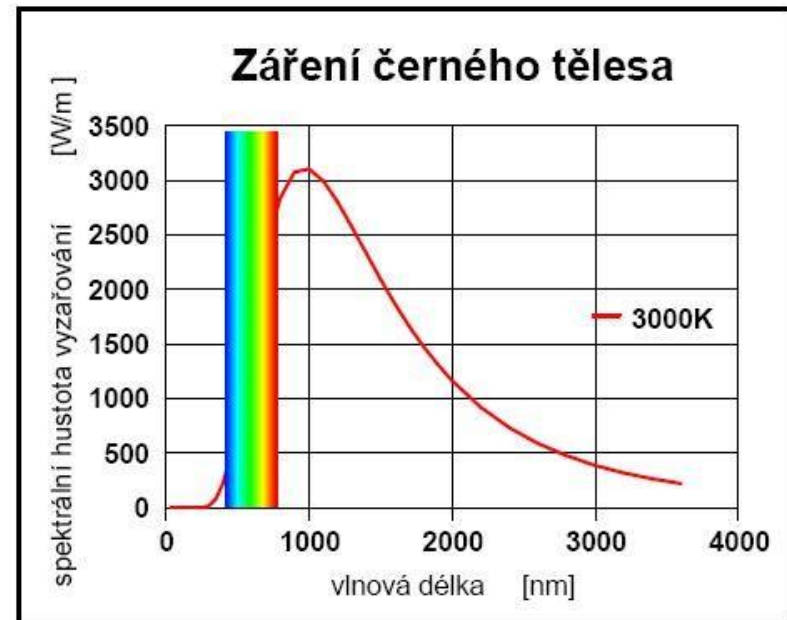
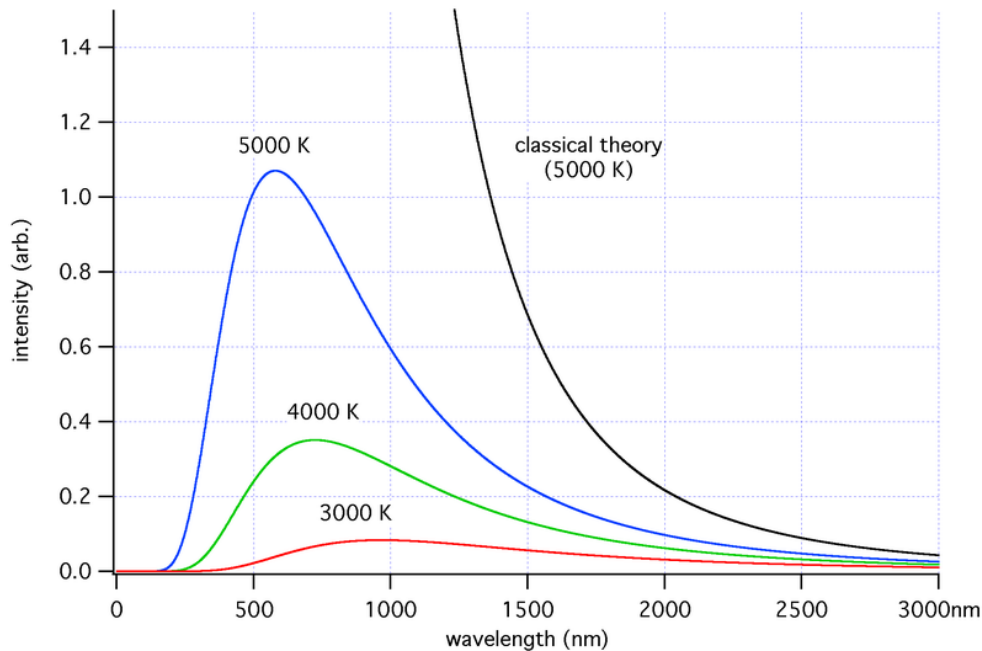
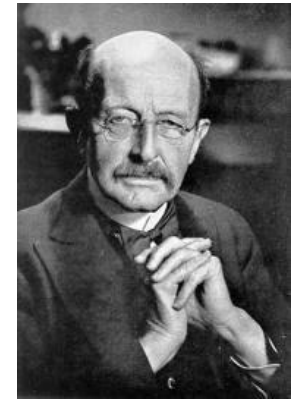
$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \quad \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$$



Tepelné záření – záření absolutně černého tělesa

Záření AČT - *Planckův zákon* (1900) = závislost monochromatického jasu na kmitočtu či vlnové délce záření

$$B_\nu(T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1}; \text{ or } B_\lambda(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1}.$$

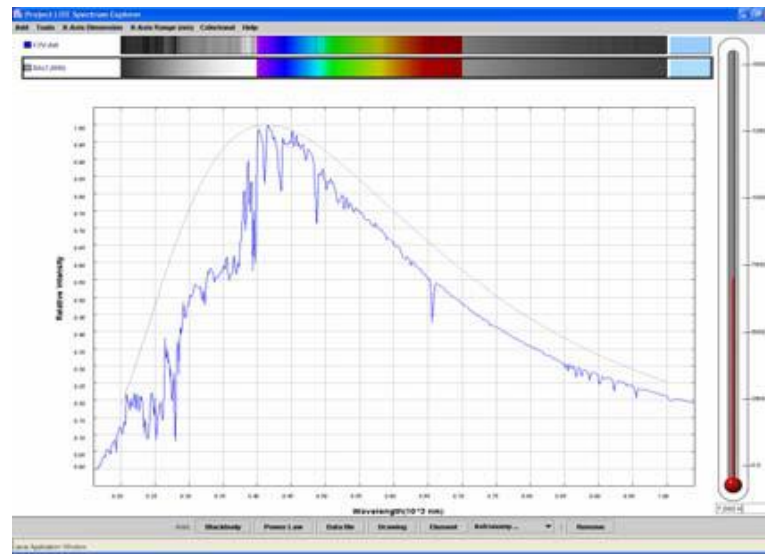
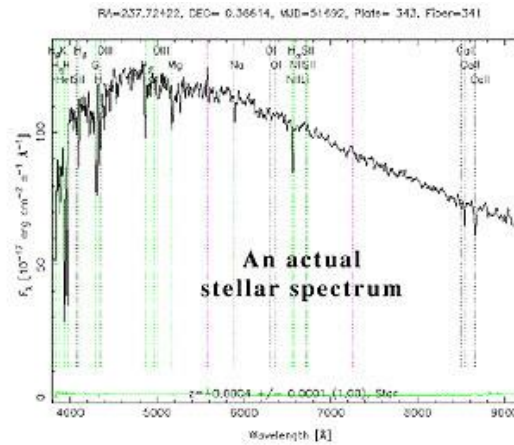
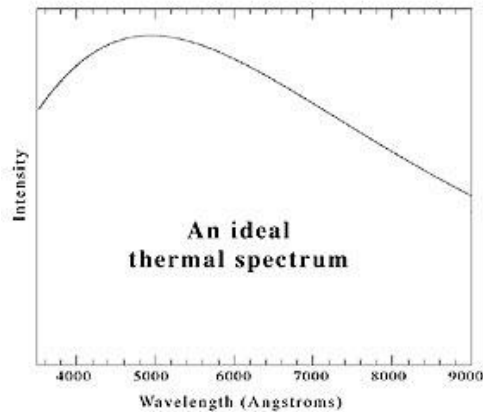


Jak se dá AČT využít?

zdroj záření (např. hvězdy) - v prvním přiblížení = AČT

proč?

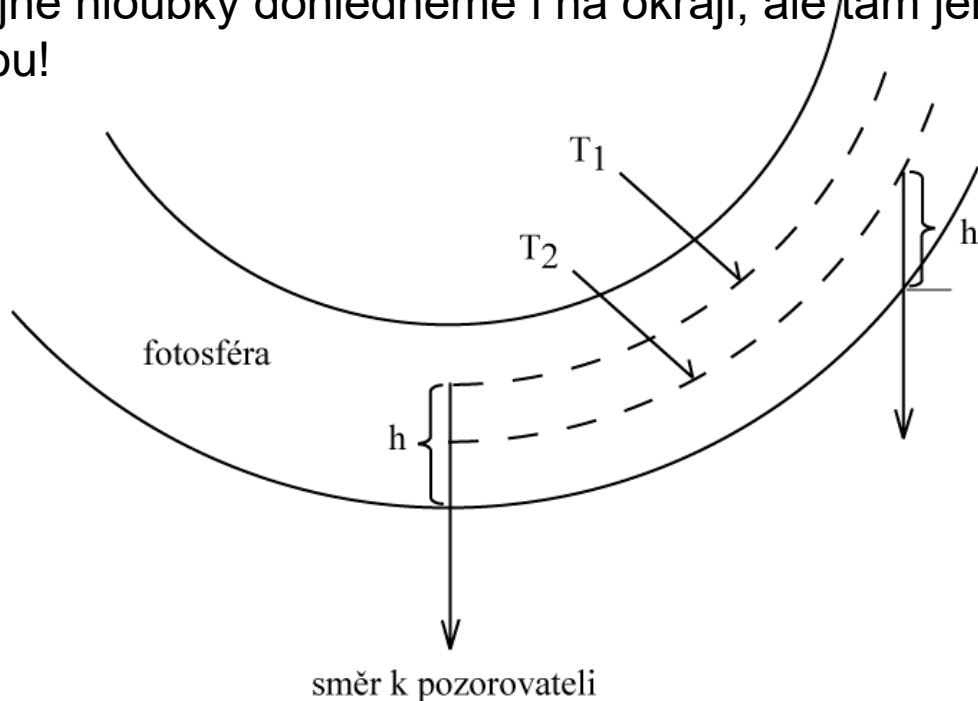
vlastnosti AČT lze poměrně snadno matematicky popsat



Okrajové ztemnění

Proč je Slunce na okrajích temnější?

= důsledek Stefanova-Boltzmannova zákona
ve fotosféře - teplota látky s výškou *klesá*
při pohledu doprostřed slunečního kotouče dohlédneme do jisté hloubky
(= tloušťka plynu, přes kterou se ještě proderou fotony, které k nám směřují)
do stejné hloubky dohlédneme i na okraji, ale tam jen do oblastí s nižší
teplotou!



h – hloubka ve fotosféře
 T_1, T_2 – teploty ($T_1 > T_2$)

