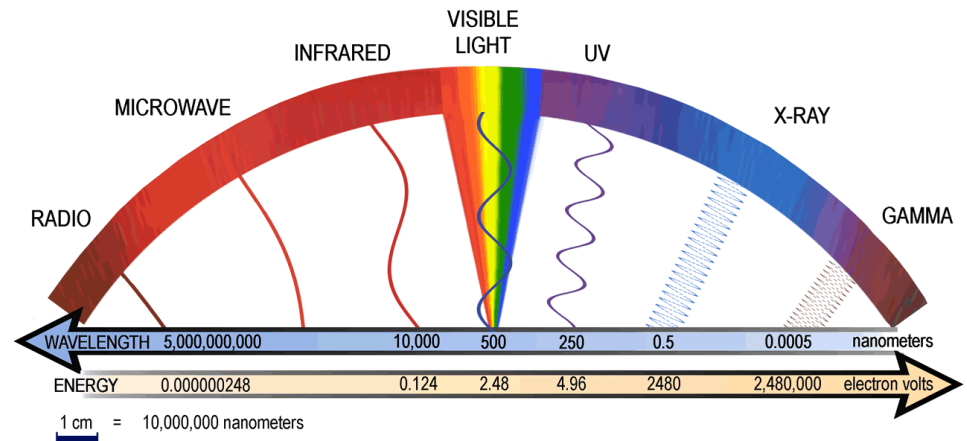
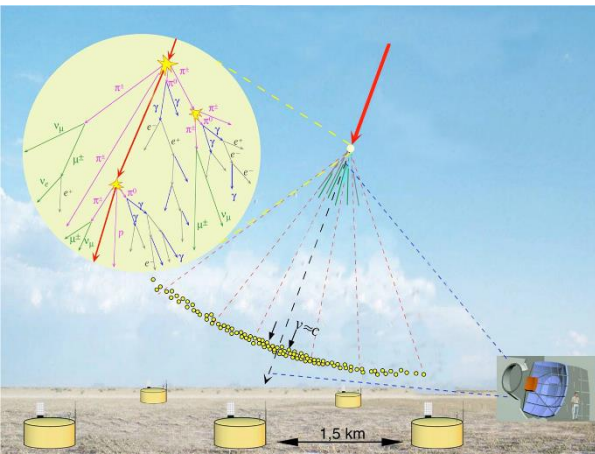
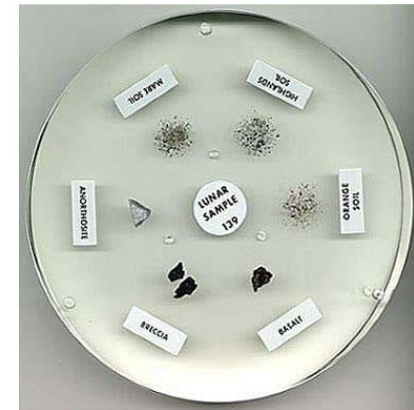
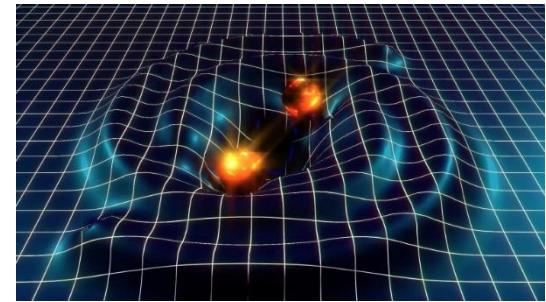


Informace z vesmíru

Informace z vesmíru

- elektromagnetické záření - světlo
- kosmické záření – primární a sekundární, např. sluneční vítr
- gravitační vlny
- vzorky hornin
- meteority



Meteority

26. 10. 2023:

Databáze meteoritů – 72 899 položek
z toho: 640 měsíčních, 360 marsovských meteoritů,
ale několik také z planetek (<http://www.lpi.usra.edu/meteor/>)
27 v ČR, 7 v SR



meteorit z Měsíce



meteorit z Marsu ALH84001;
řetězkovité 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:

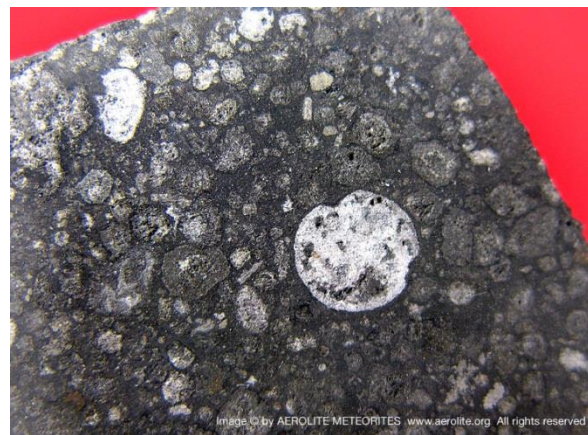
- **kamenné** - chondrity,
- achondrity,
- uhlíkaté chondrity
- **železné**



kamenný
chondrit



chondrule



Widmanstättenovy
obrazce



- **železnokamenné**



železnokamenný
meteorit

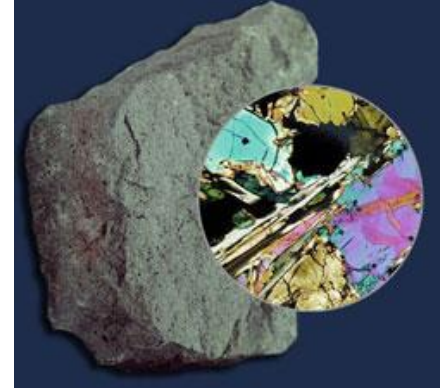
Dovoz vzorků

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 – 1.731 kg vzorků



z komet:

1999 start Stardust - výzkum komety Wild-2 a sběr prachových částic v meziplanetárním prostoru a při průletu kómou 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 vzorky



Dovoz vzorků

částice slunečního větru:

2001 start sondy Genesis – plán: 3 roky sběr částic slunečního větru. Návrátovému 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**) – odchytil asteroid, dotáhnout k Zemi nebo Měsíci a na oběžné dráze blíže prozkoumat (uzavřeno 2017)

Tianwen-2 – start 2025, výzkum planety 469219 Kamo'oaewa a komety 311P/PANSTARRS, dovoz vzorků z asteroidu

Kosmický vítr aneb nálety částic

Kosmické záření

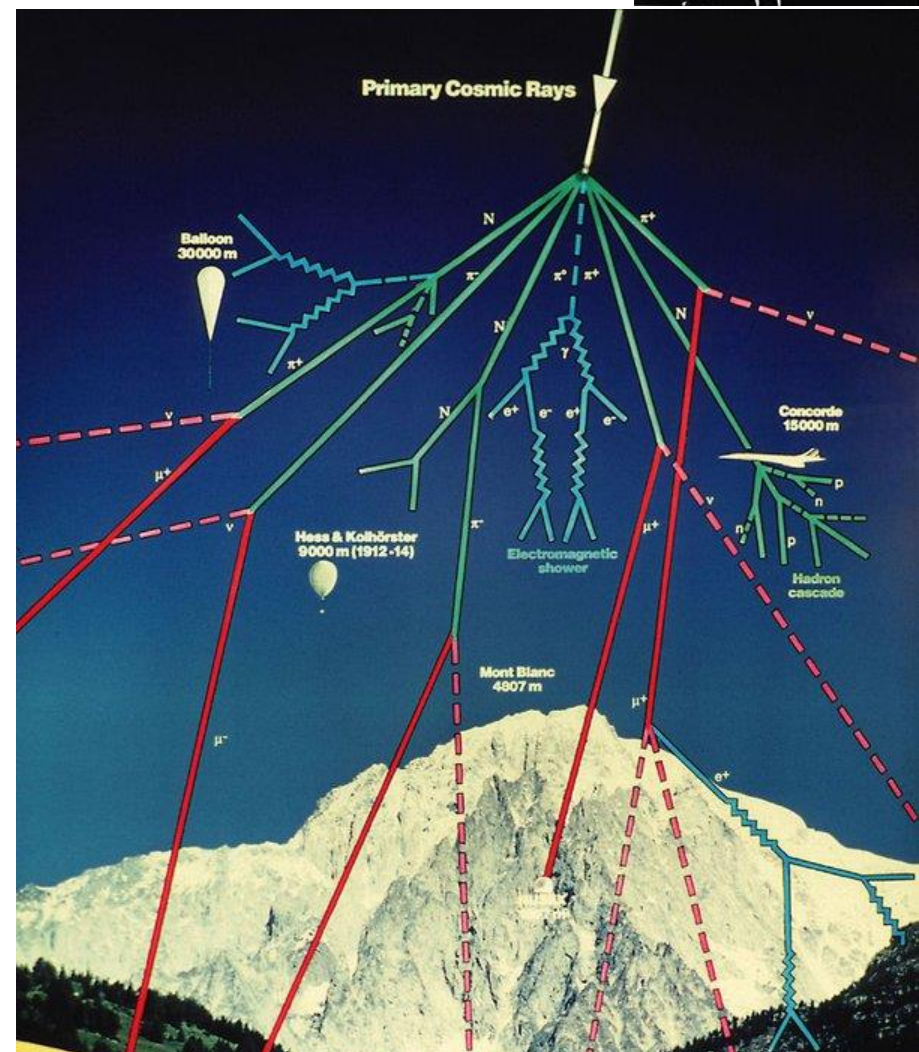
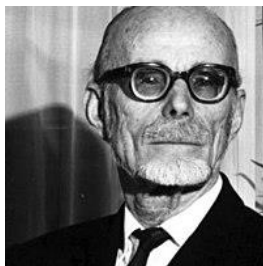
1912 objev - Victor Franz Hess - během balonového výstupu v Ústí nad Labem – intenzita roste s výškou („výškové záření“);



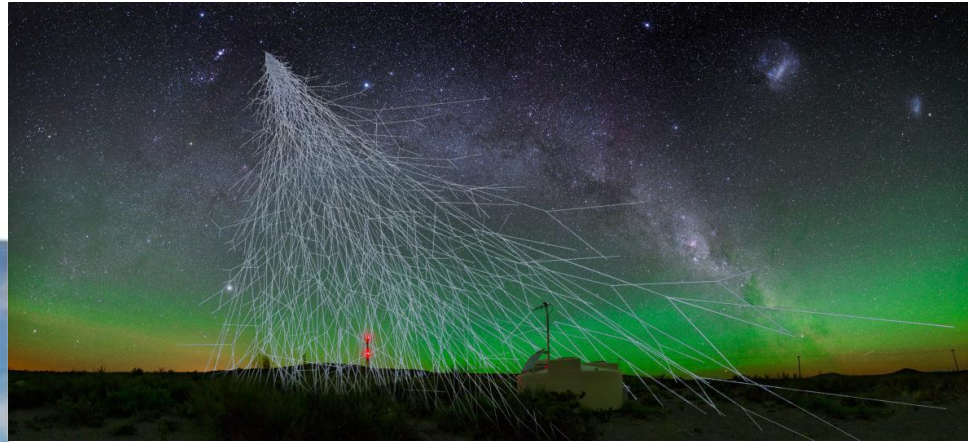
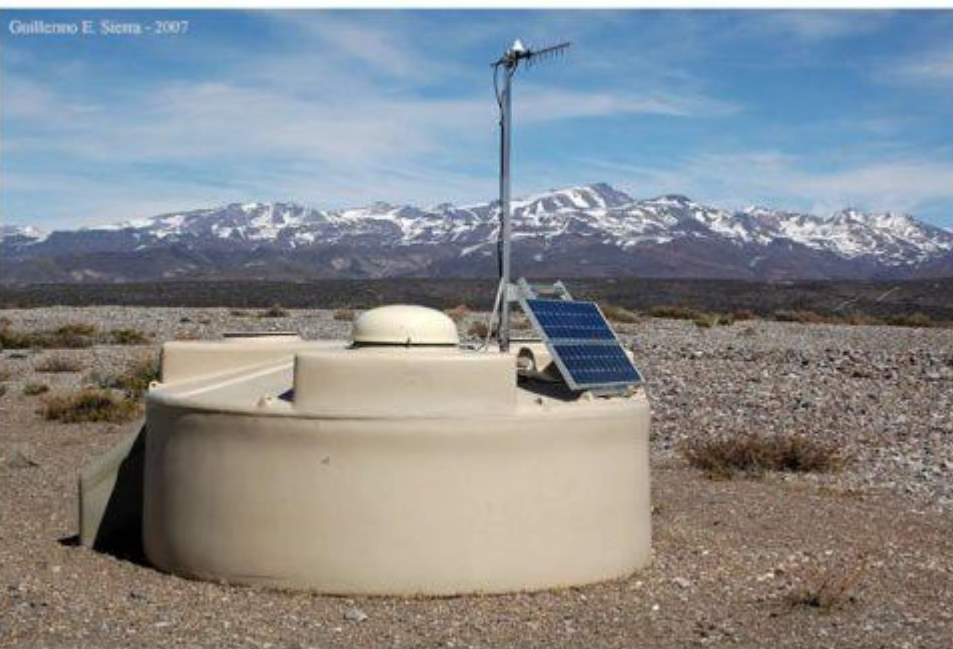
primární (před dopadem do atmosféry Země)

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

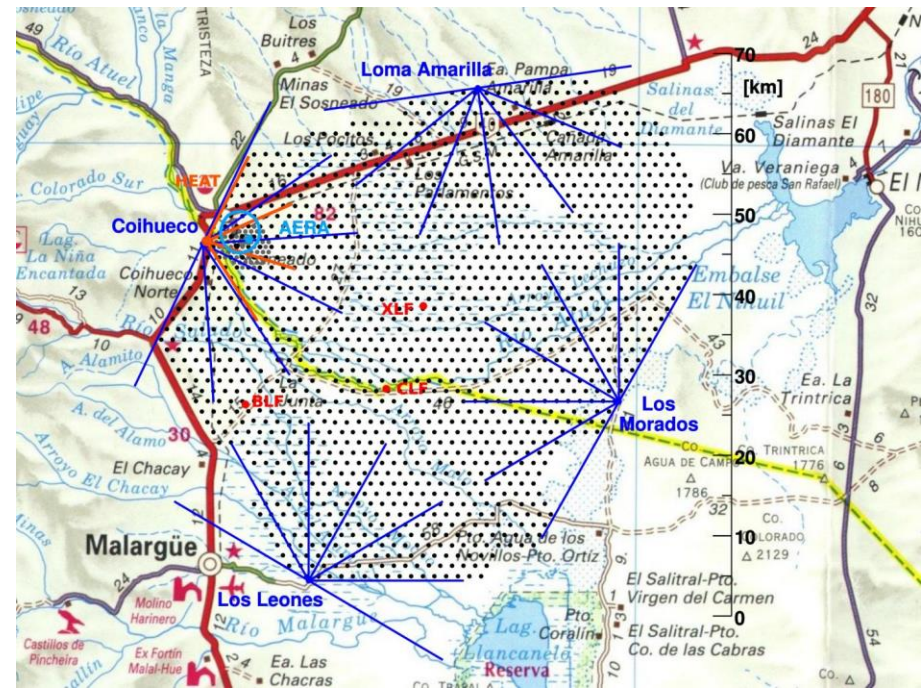
sekundární – vznik v 12-15 km nad zemí, z 1 primární částice až 10^6 sekundárních částic záření 1938 Pierre Victor Auger)



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



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

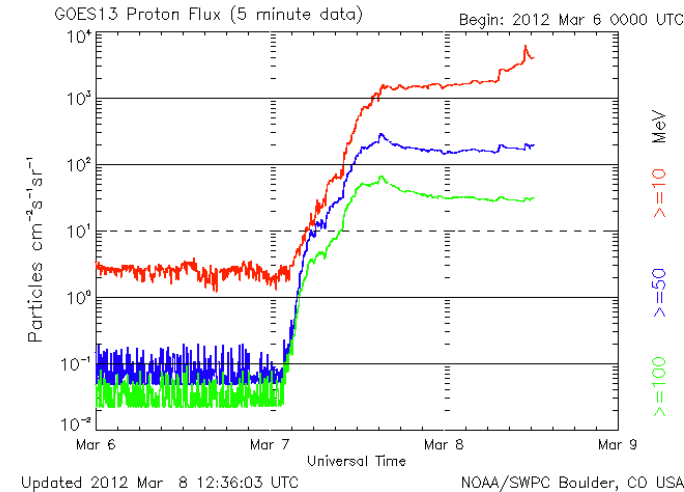


Kosmický vítr aneb nálety částic

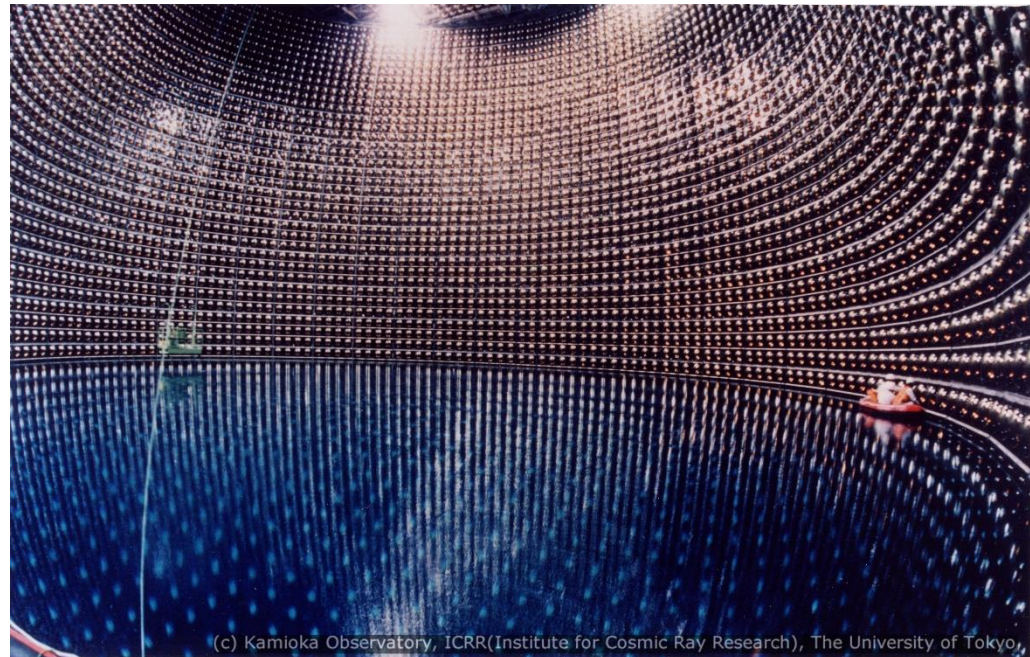
Sluneční vítr

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>

Hvězdný vítr



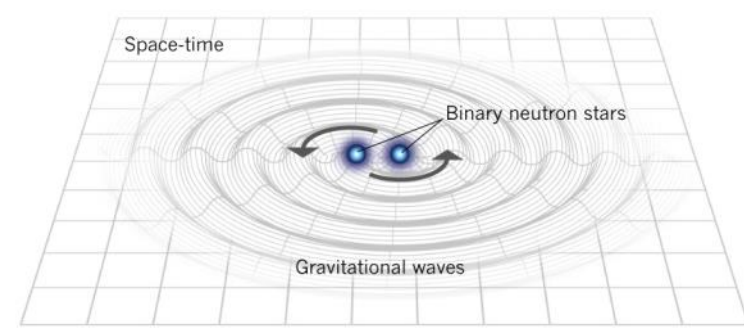
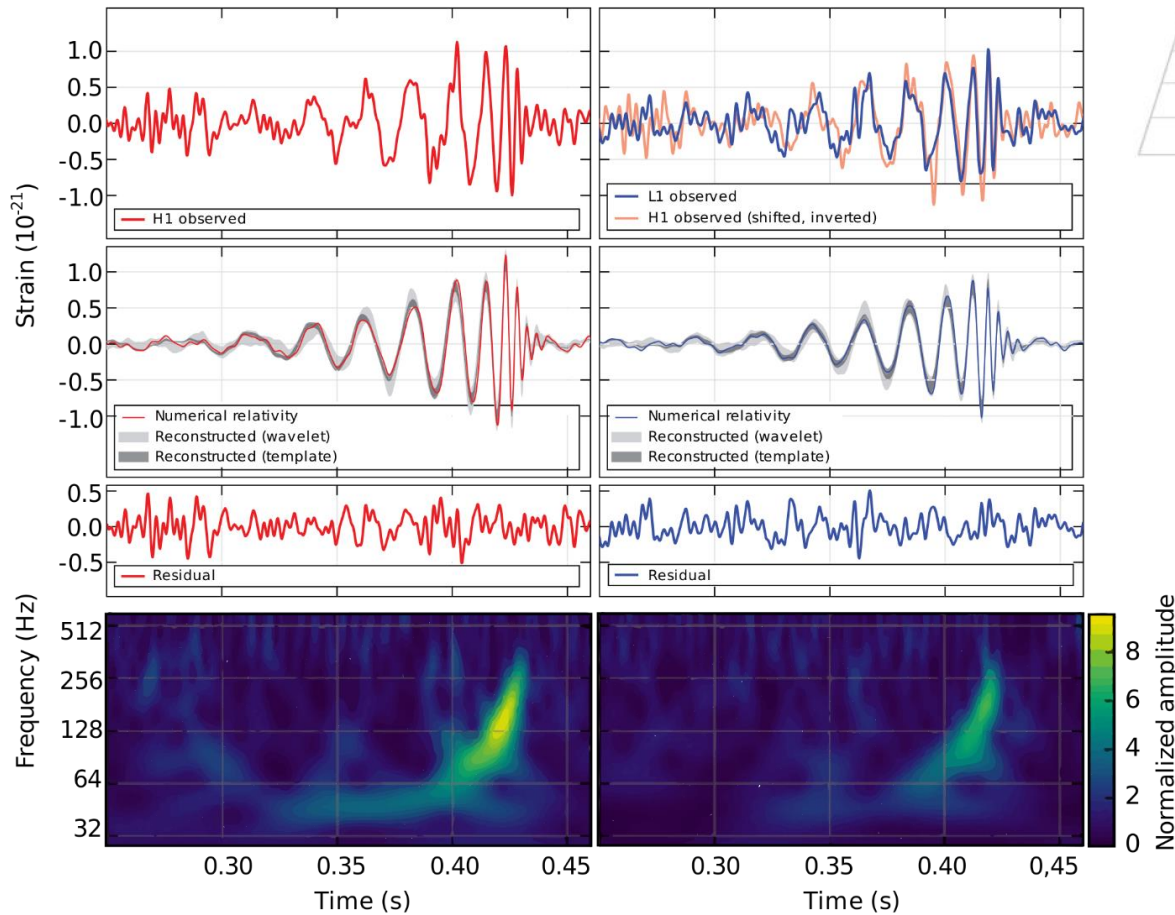
Neutrina



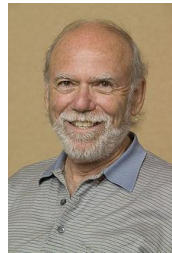
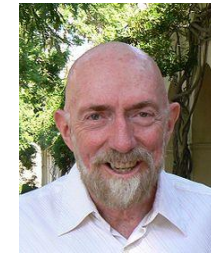
Gravitační vlny

Hanford, Washington (H1)

Livingston, Louisiana (L1)

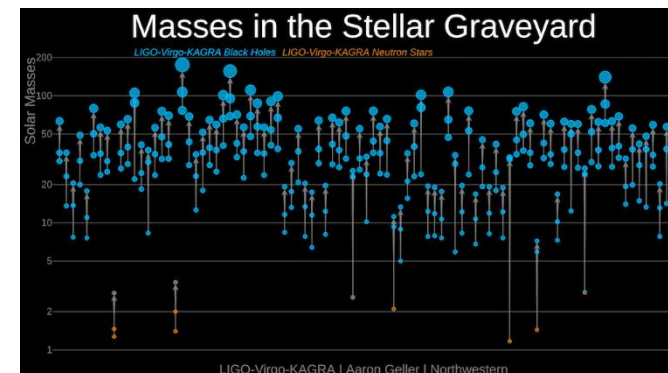


Nobelova cena za fyziku 2017



Rainer Weiss, Kip Thorne, Barry Barish

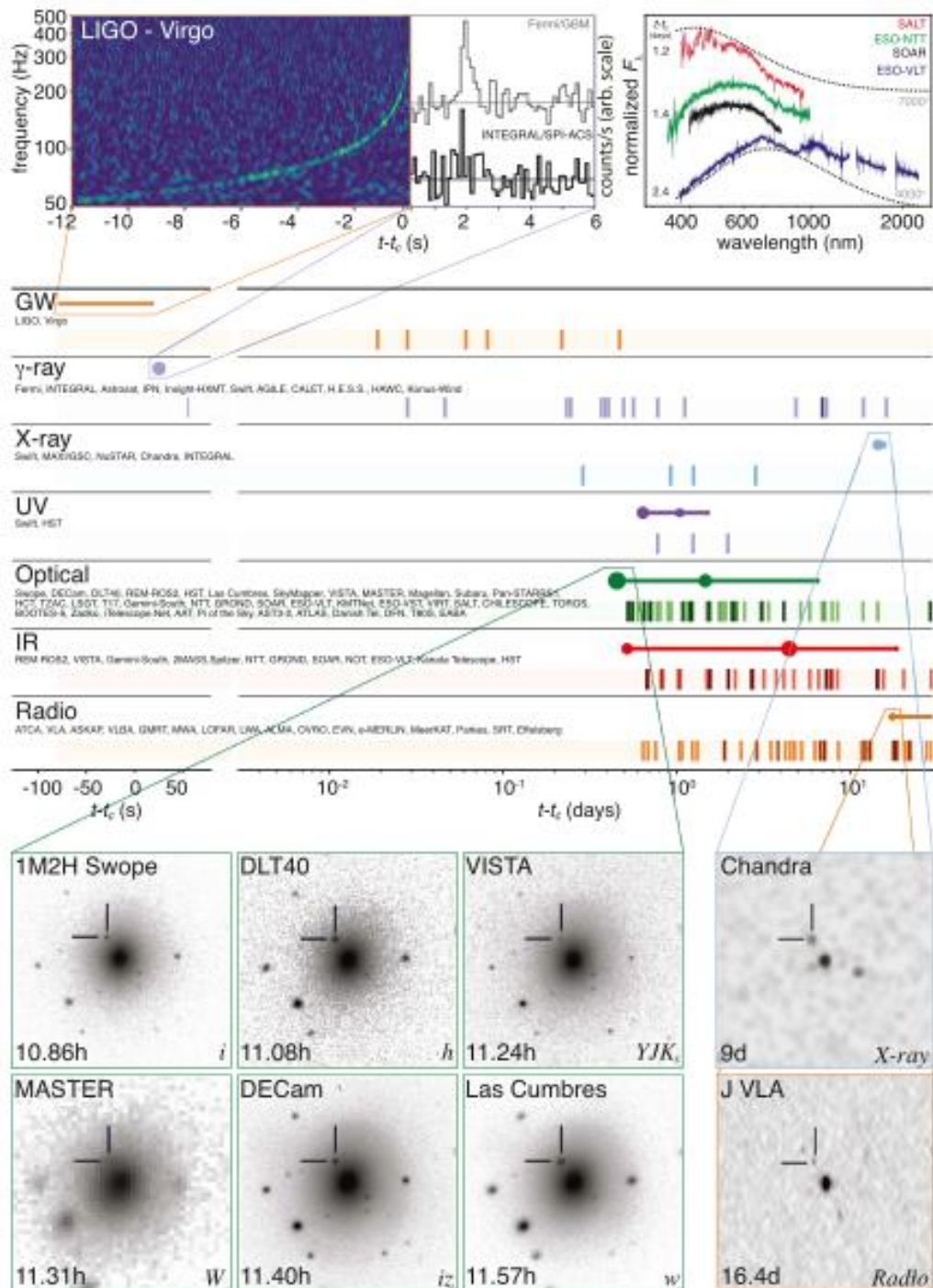
1. detekce: 14.9.2015;
do r. 2021 desítky detekcí – katalog Gravitational Wave Candidate Event Database (**GraceDB**)
<https://gracedb.ligo.org/>,
<https://www.ligo.org/detections/O3bcatalog.php>



17. srpna 2017 – 1. případ
 GW s následným pozorová-
 ním v různých oblastech
 elmg. spektra

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

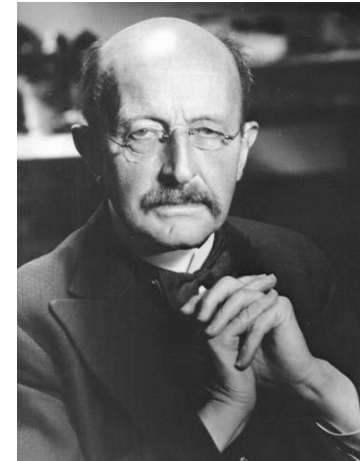
částice, tzv. *fotony*, charakteristika - energie a hybnost

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



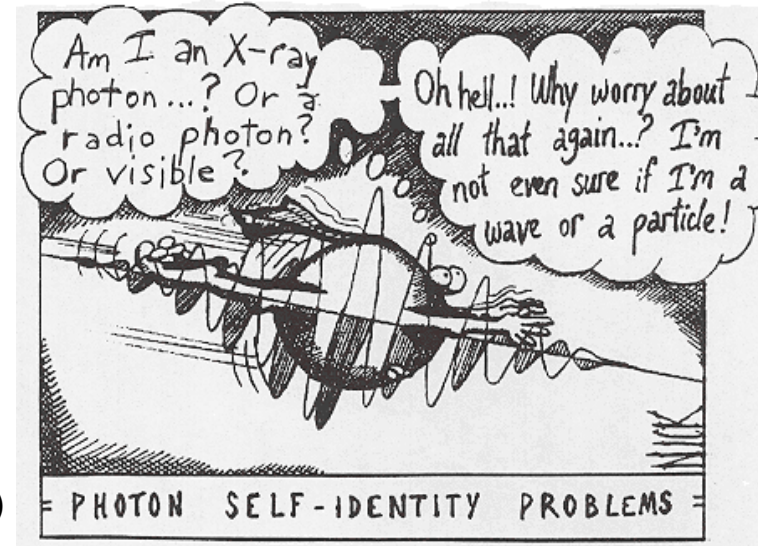
základní vztahy $c = \lambda \nu$, $E = h\nu$

c - rychlost šíření světla v daném prostředí (ve vakuu maximální $299\,792\,458\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$),

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

energie fotonu je kvantována

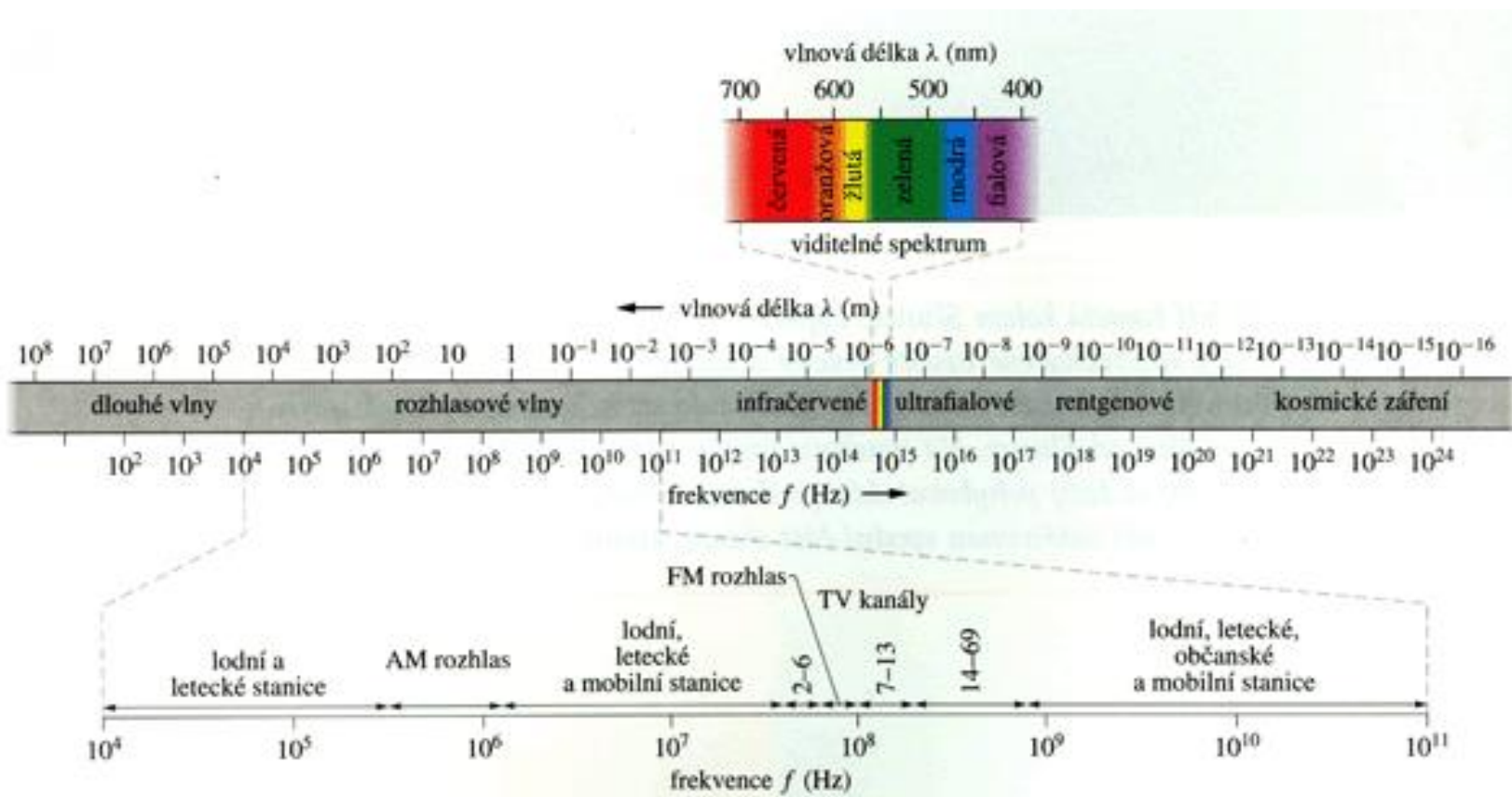
kvantum energie se mění (v závislosti na kmitočtu záření)



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)



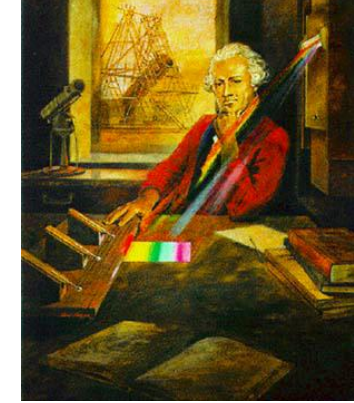
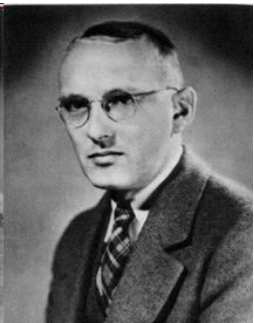
konec 19. st. – Wilhelm **Röntgen** (8.11.1895)



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

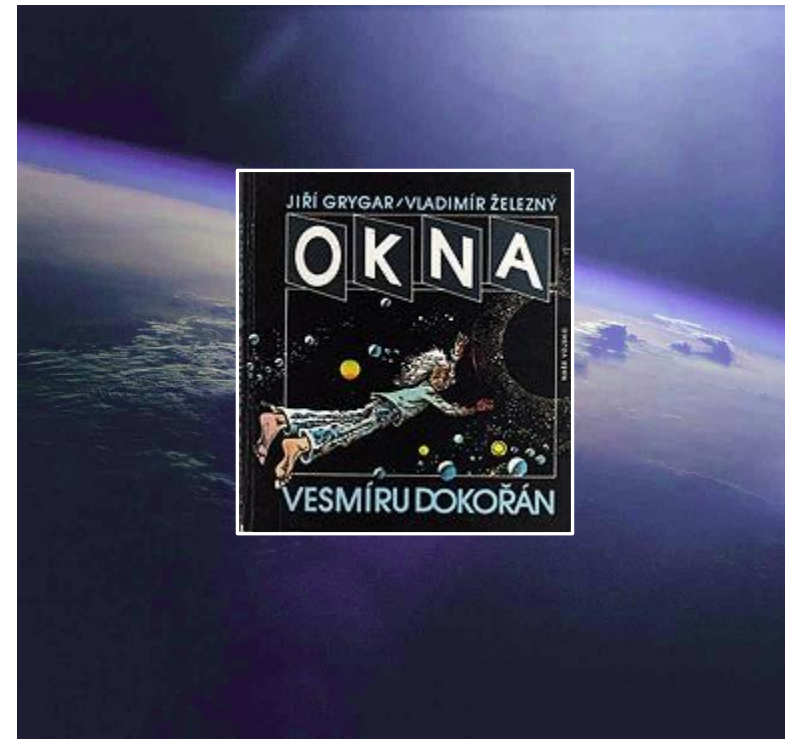
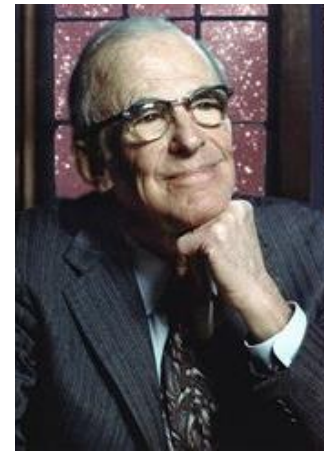
otevírání oken:

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



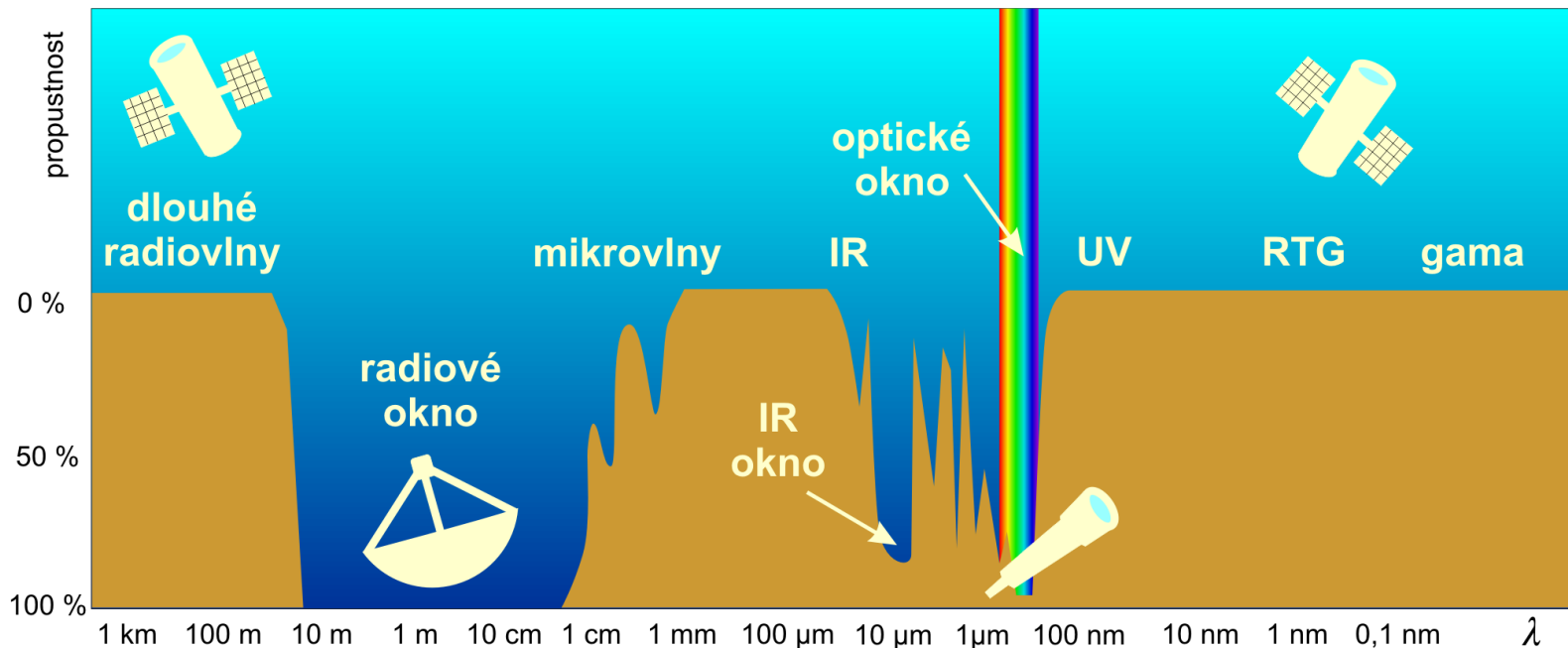
Okna v atmosféře

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:

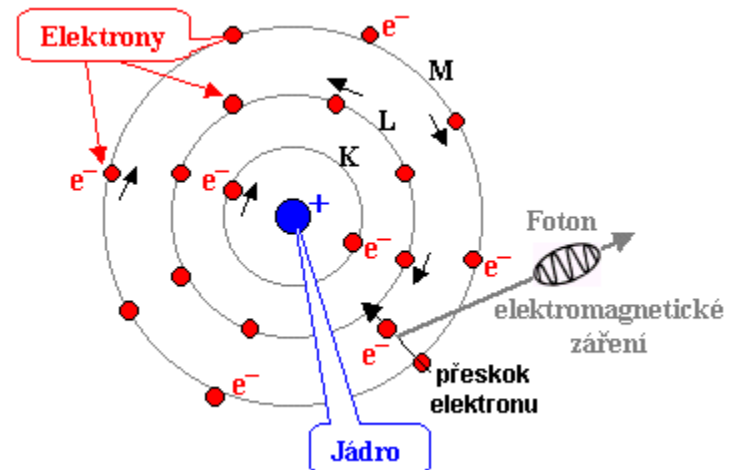
vyzářením (emisí)

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).

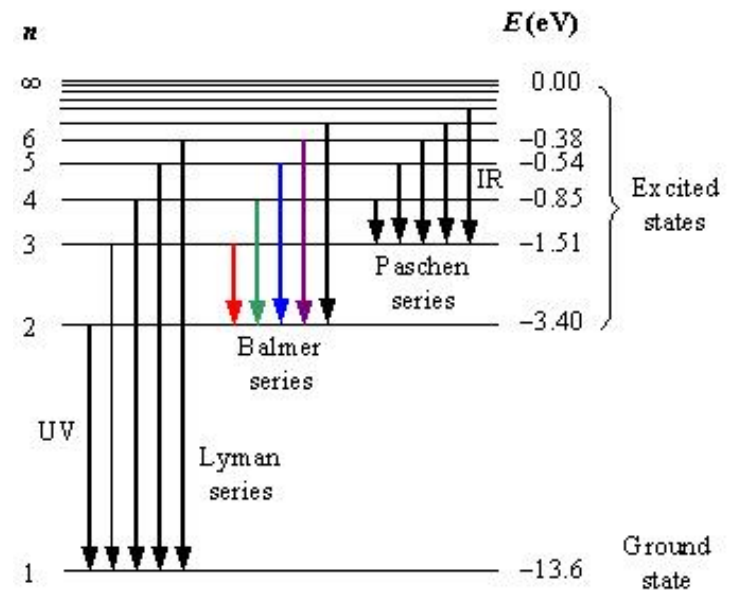
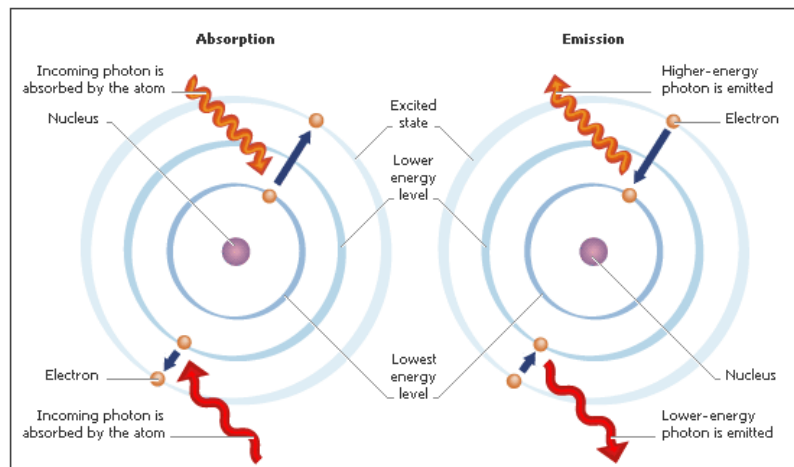


Záření vázaných částic

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

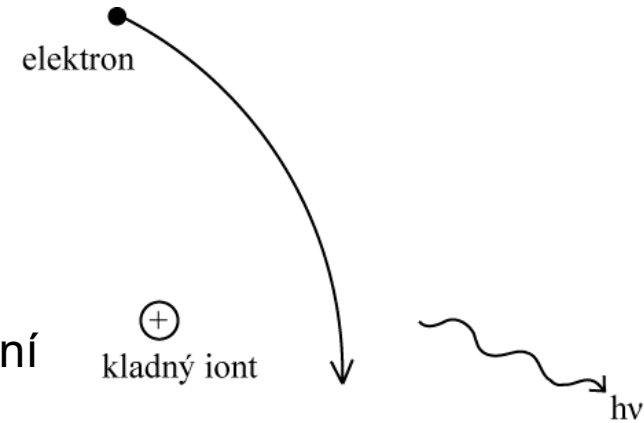


spektrální čáry vodíku

Záření volných částic

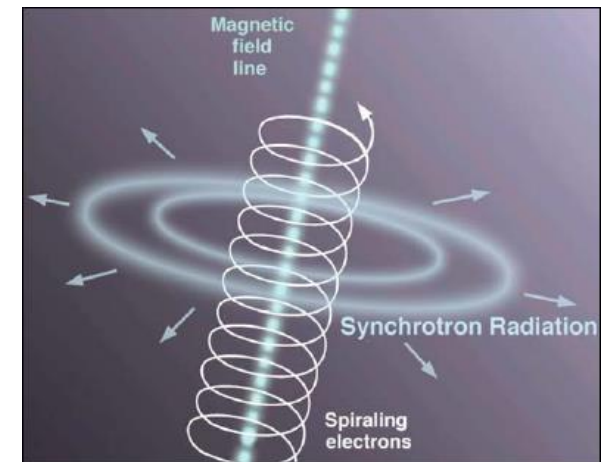
jen elektricky nabité částice, pohybující se *zrychleně*
např. volné elektrony

- 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)



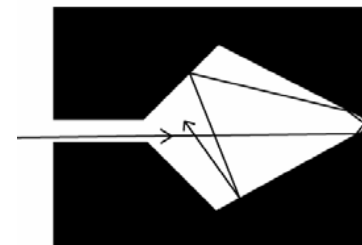
pozor!

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.

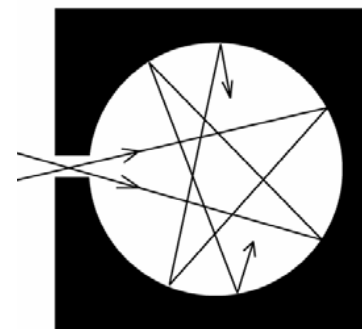
záření uvnitř dutiny

- 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*.

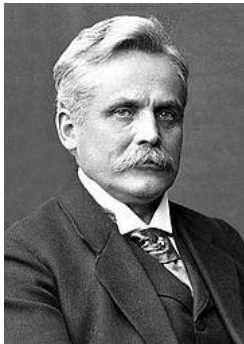
Energie vyzářená jednotkovou plochou AČT za sekundu **závisí jen na teplotě** a nezávisí na materiálu či tvaru stěn.



Z experimentů:

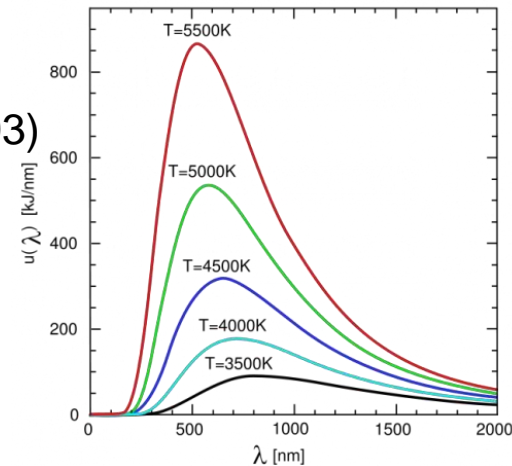
čím vyšší teplota T absolutně černého tělesa,

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)



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

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



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

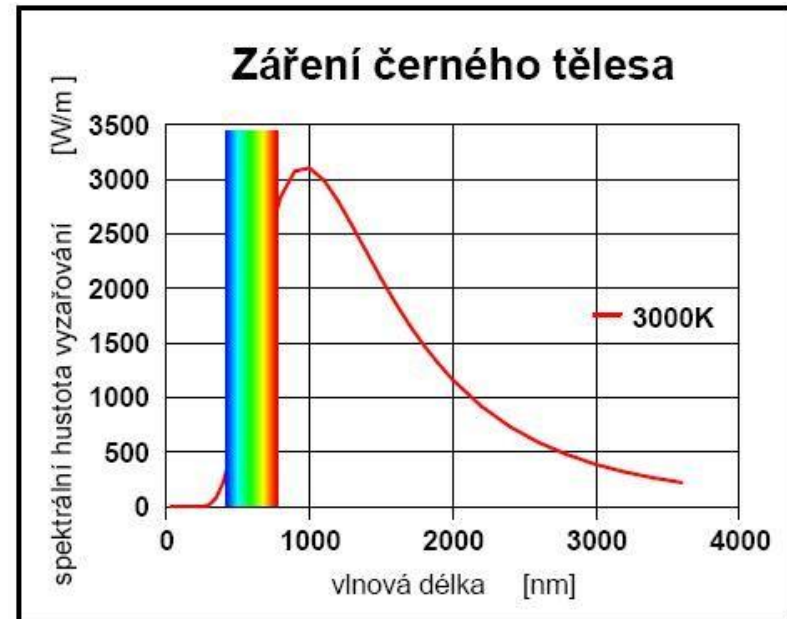
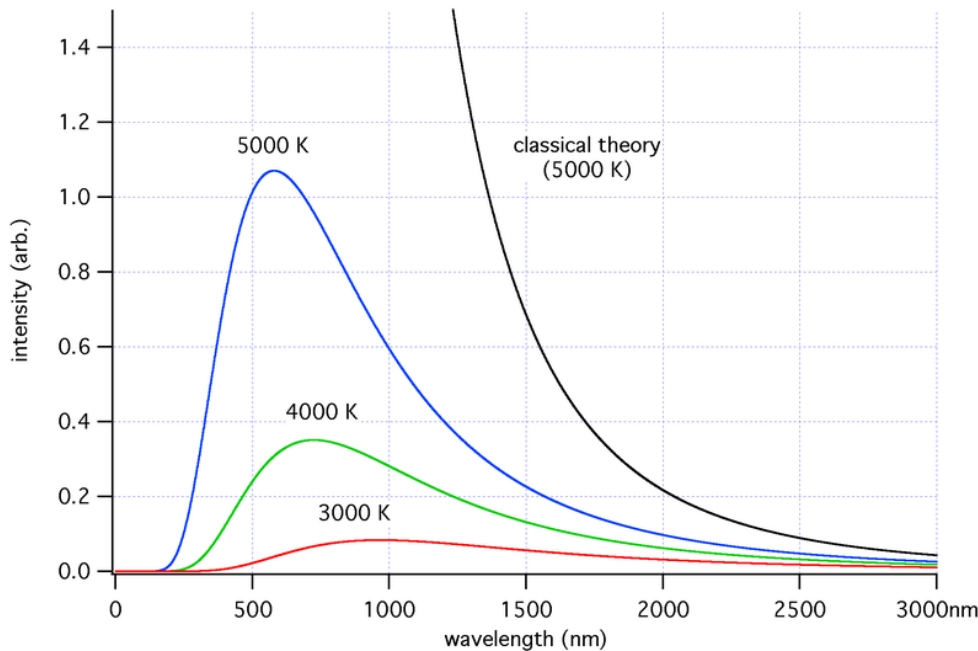
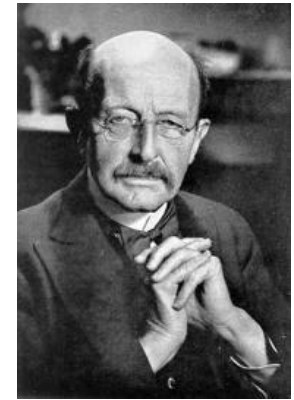
$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \quad \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$$



Tepelné záření – záření absolutně černého tělesa

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

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

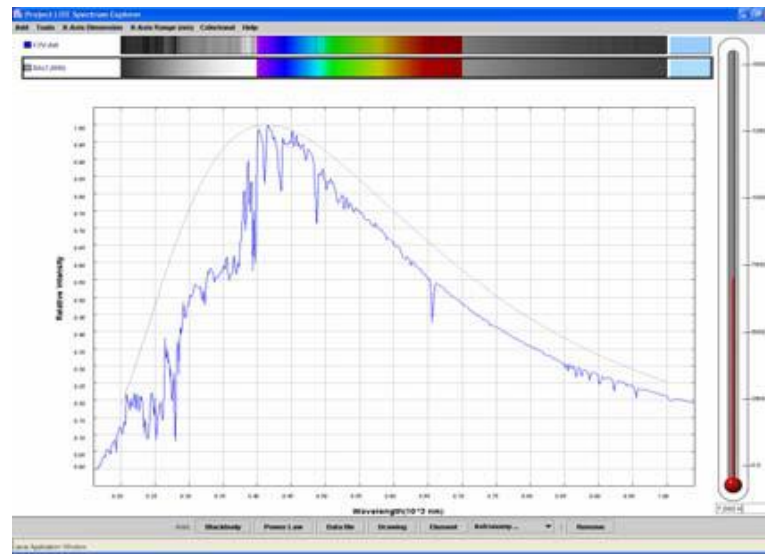
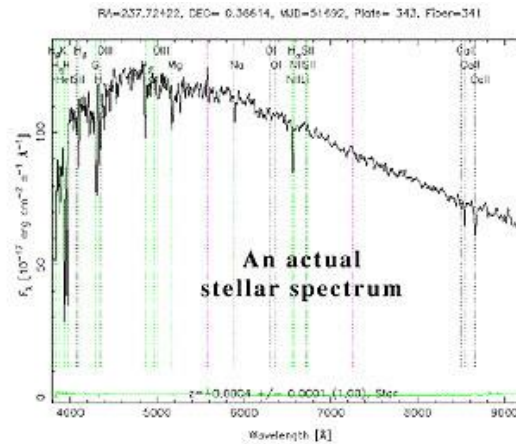
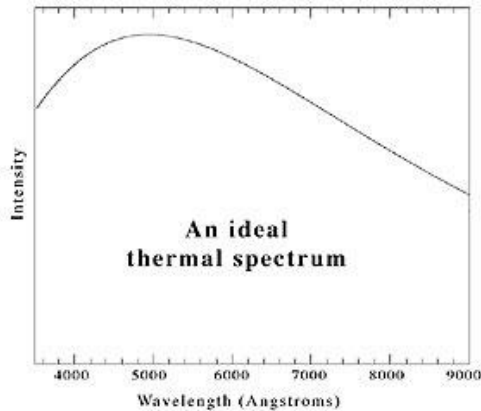


Jak se dá AČT využít?

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

proč?

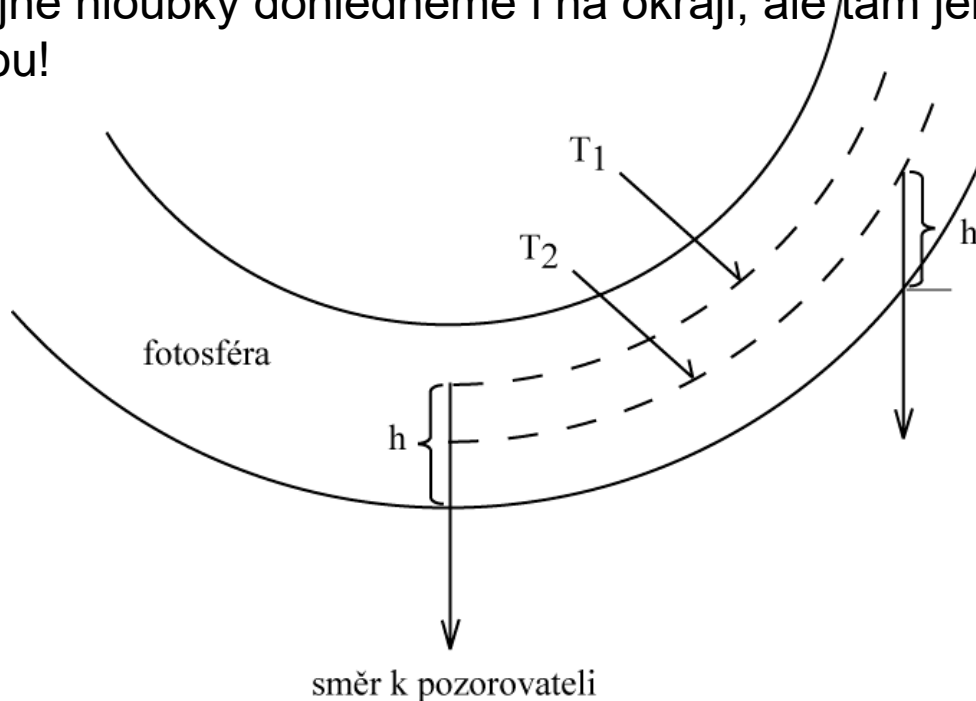
vlastnosti AČT lze poměrně snadno matematicky popsat



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 ($T_1 > T_2$)

