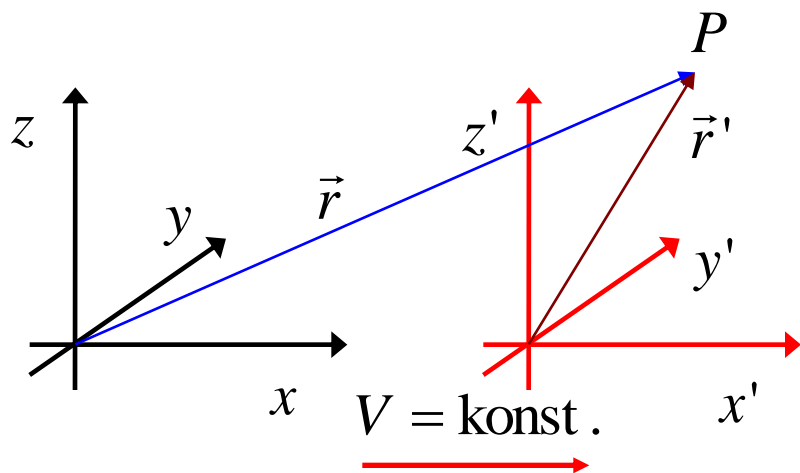


Galileova transformace



Neexistuje způsob jak určit absolutní rychlost

2. Newtonův zákon

$$ma_x = F_x$$

$$ma_y = F_y$$

$$ma_z = F_z$$

$$ma_x' = F_x$$

$$ma_y' = F_y$$

$$ma_z' = F_z$$

poloha

$$x' = x - Vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

rychlost

$$v_x' = v_x - V$$

$$v_y' = v_y$$

$$v_z' = v_z$$

zrychlení

$$a_x' = a_x$$

$$a_y' = a_y$$

$$a_z' = a_z$$

Maxwellovy rovnice

Maxwellovy rovnice ve vakuu

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = I$$

↑ intenzita magnetického pole ↑ celkový proud Ampérův zákon

$$\oint \vec{E} d\vec{l} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

↑ intenzita elektrického pole ↑ časová změna magnetického indukčního toku Zákon elektromagnetické indukce

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

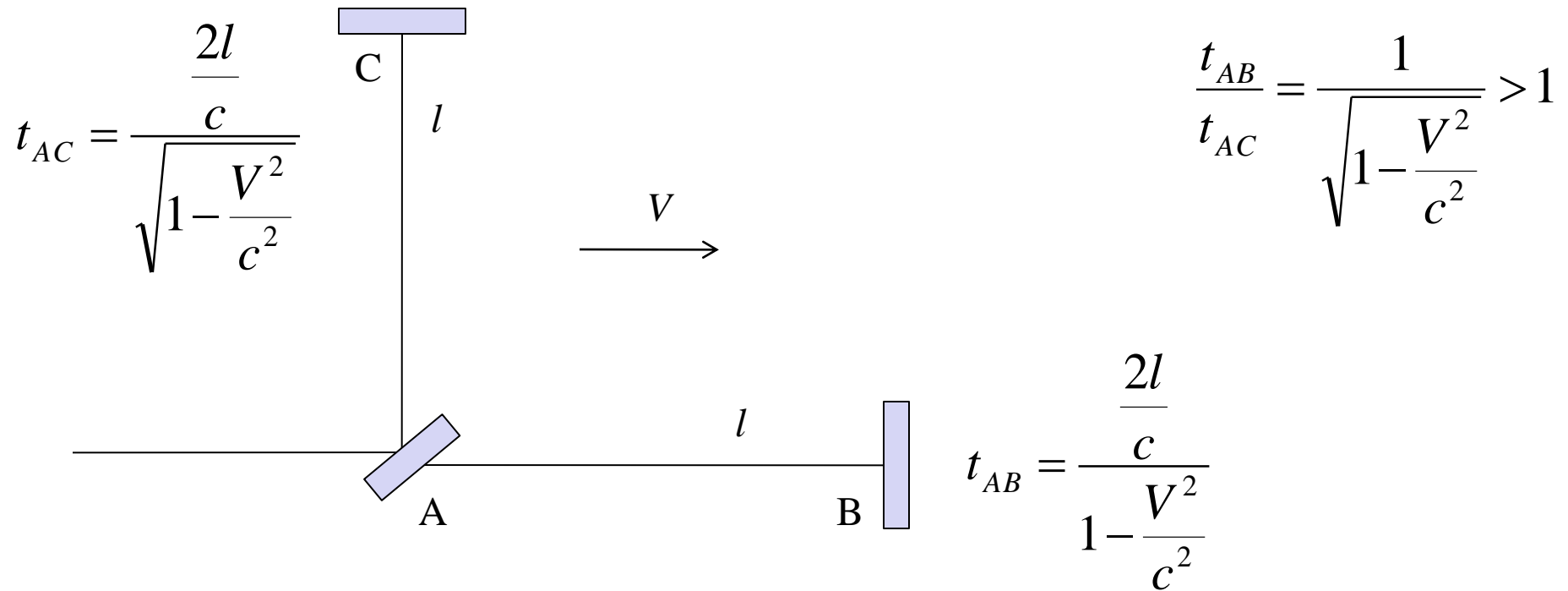
Gaussův zákon elektrostatiky

$$\oint \vec{H} d\vec{S} = 0$$

zákon spojitosti indukčního toku

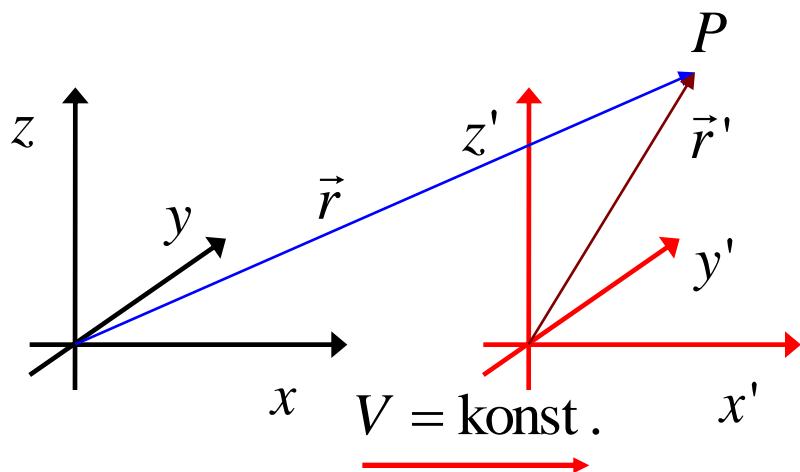
- nejsou invariantní vůči Galileově transformaci
- světlo ve vakuu se pohybuje rychlostí c

Michelsonův-Morleyův experiment



- světlo sodíkové výbojky $\lambda = 550 \text{ nm}$
- $l = 11 \text{ m}$
- $V \approx 30 \text{ km/s}$ (rychlost oběhu Země kolem Slunce)

Lorentzova transformace



- v čase $t = 0$: $x' = x$

A. Einstein

Lorentzova transformace odráží reálné vlastnosti prostoru a času.

• Lorentzova transformace

$$x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

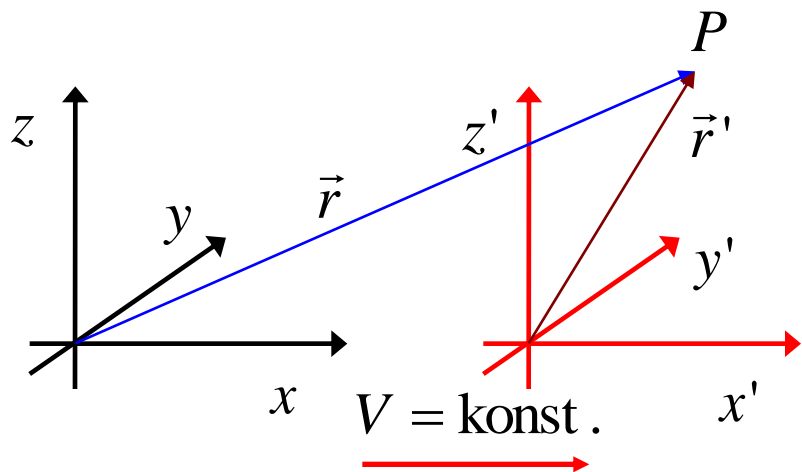
$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \frac{t - \frac{V}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

- **Maxwellovy rovnice jsou invariantní vůči Lorentzově transformaci**

Lorentzova transformace



• v čase $t = 0$: $x' = x$

zkrácení délky

$$l = x_B - x_A$$
$$l' = x'_B - x'_A = \frac{l}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$
$$l = l' \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}$$

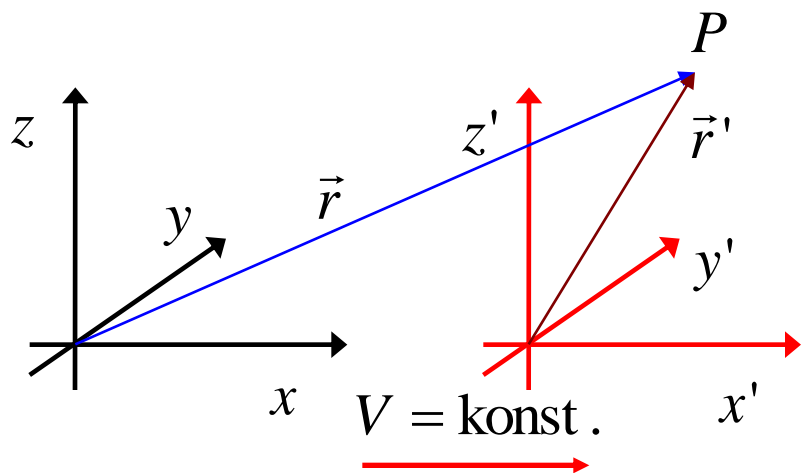
$$x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \frac{t - \frac{V}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

Lorentzova transformace



• v čase $t = 0$: $x' = x$

zpomalení času

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad \Delta t' = t'_2 - t'_1 = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

$$x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \frac{t - \frac{V}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

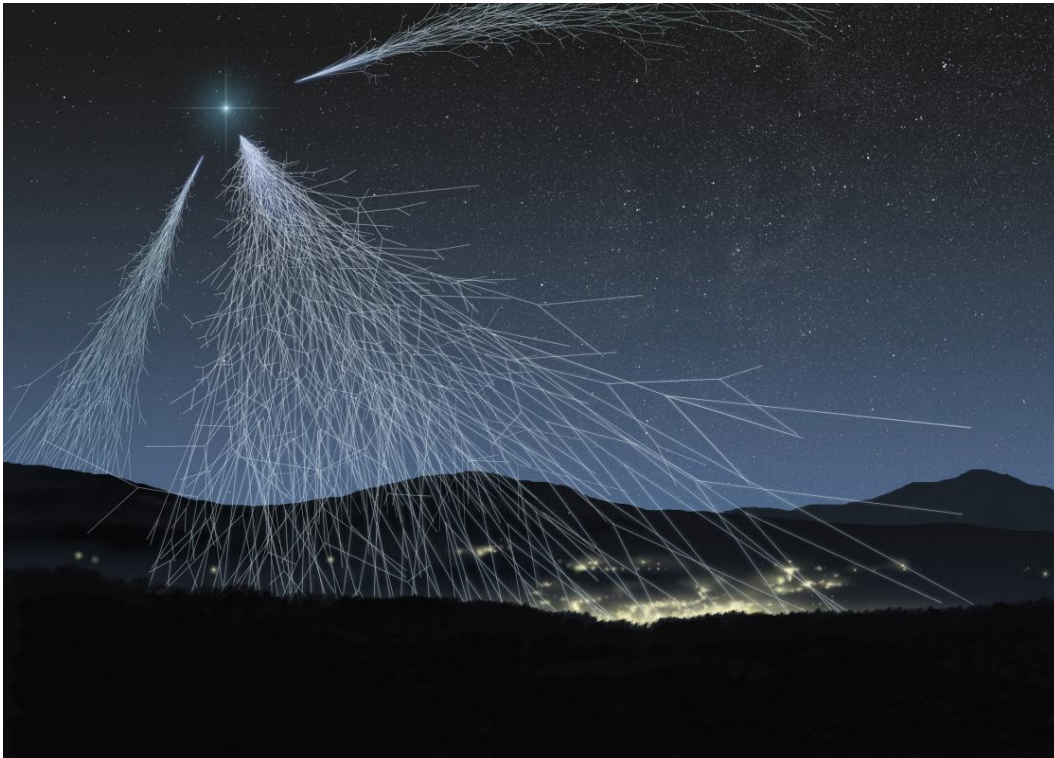
Kosmické záření

kosmické záření

90 % protony

9 % α -částice

1 % těžší jádra & ostatní částice (e^- , e^+ , p^-)



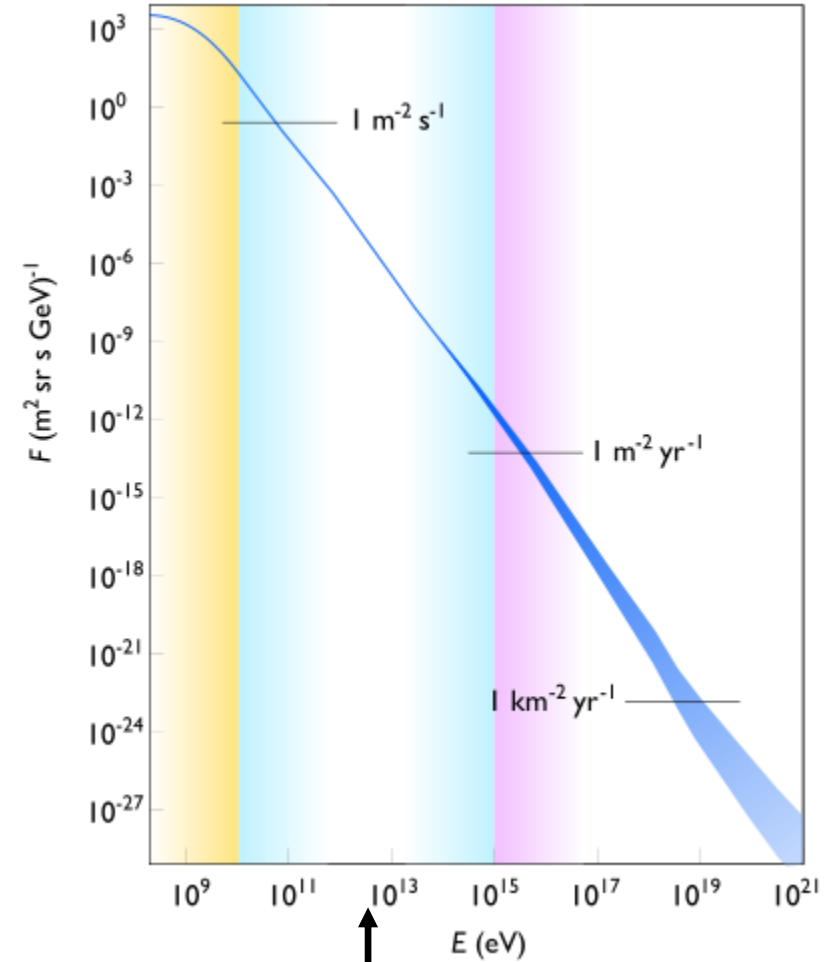
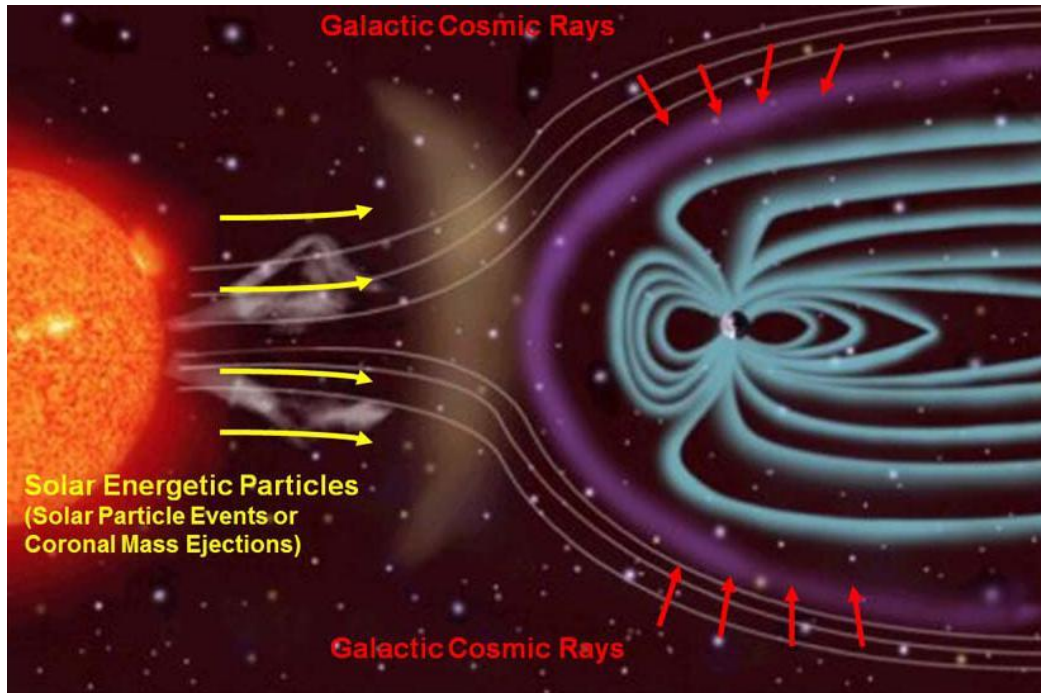
Zdroje pozitronů

kosmické záření

90 % protony

9 % α -částice

1 % těžší jádra & ostatní částice (e^- , e^+ , p^-)



7 TeV (LHC, CERN)

Zdroje pozitronů

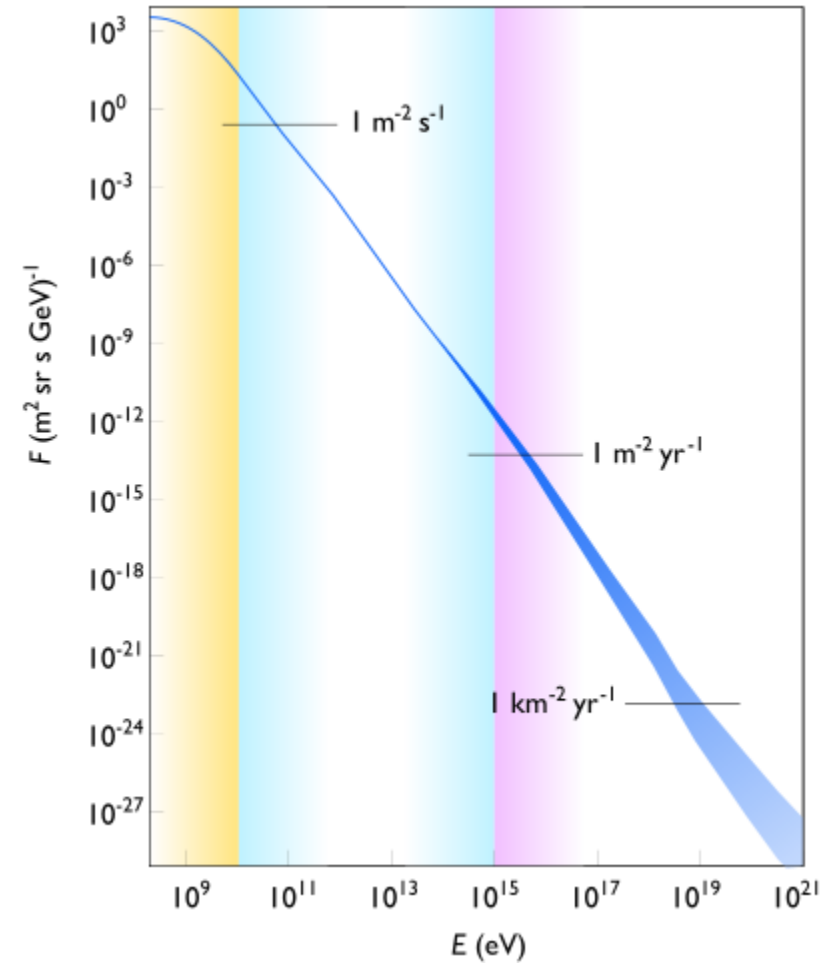
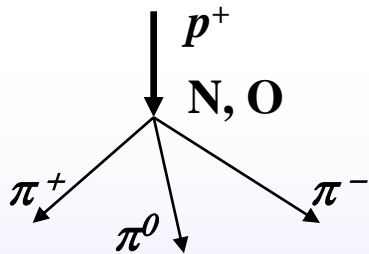
kosmické záření

90 % protony

9 % α -částice

1 % těžší jádra & ostatní částice (e^- , e^+ , p^-)

interakce s
atmosférou



Zdroje pozitronů

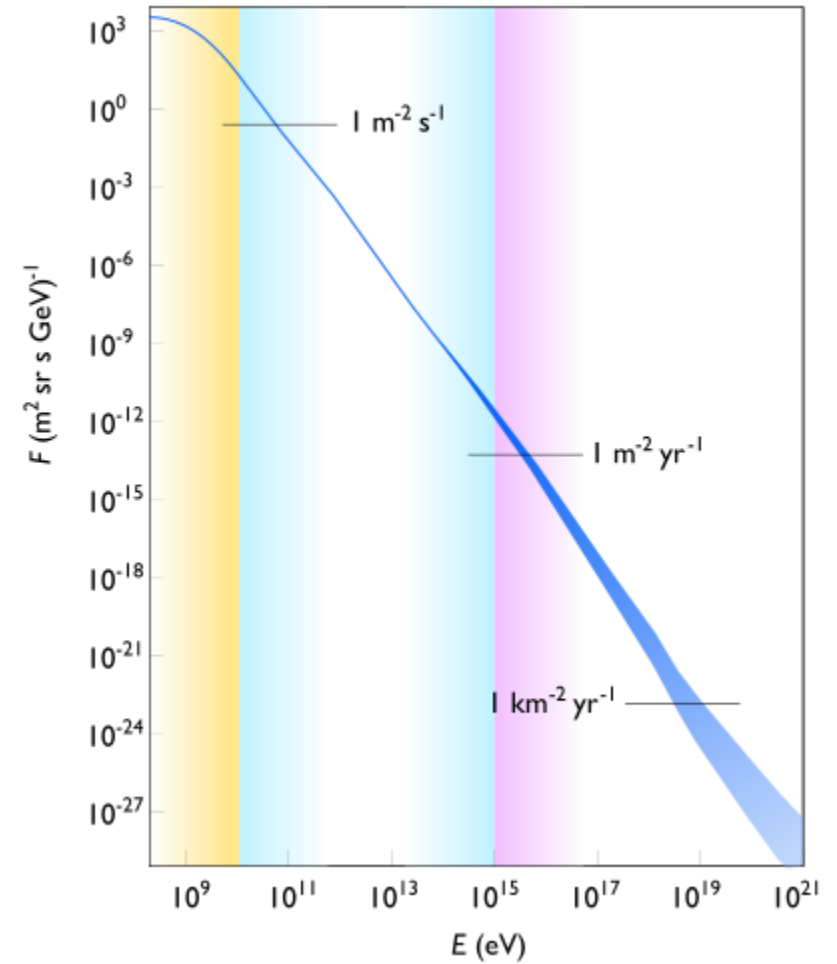
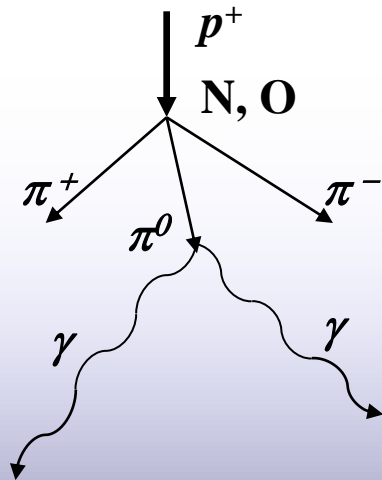
kosmické záření

90 % protony

9 % α -částice

1 % těžší jádra & ostatní částice (e^- , e^+ , p^-)

interakce s
atmosférou



Zdroje pozitronů

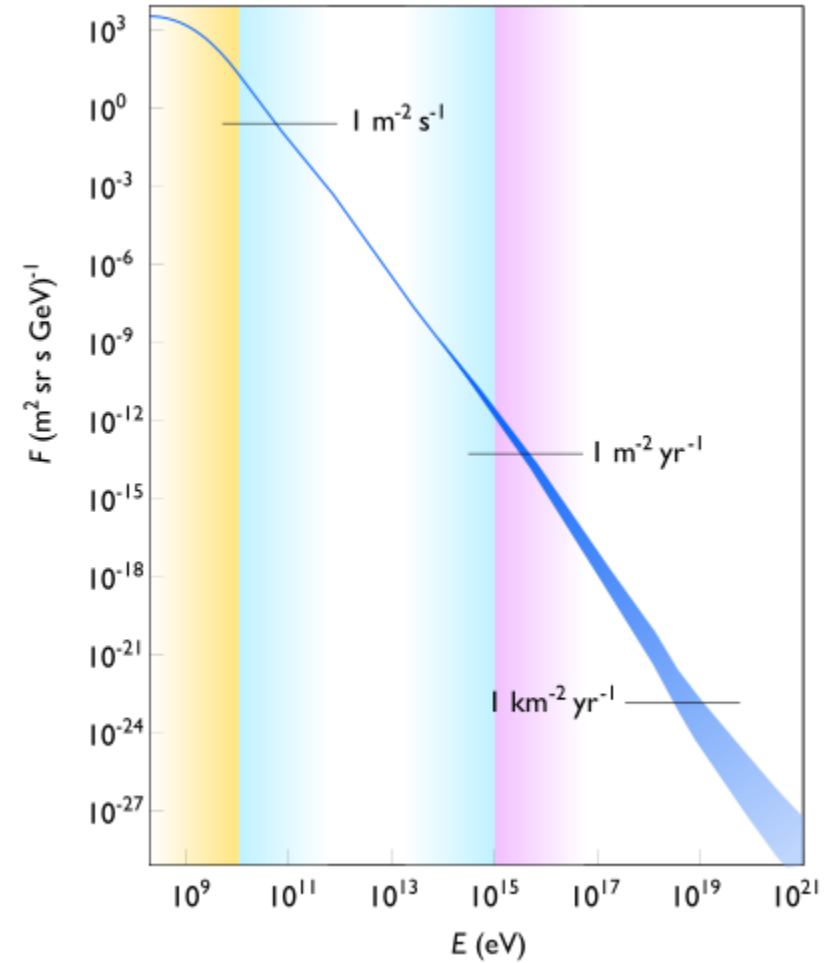
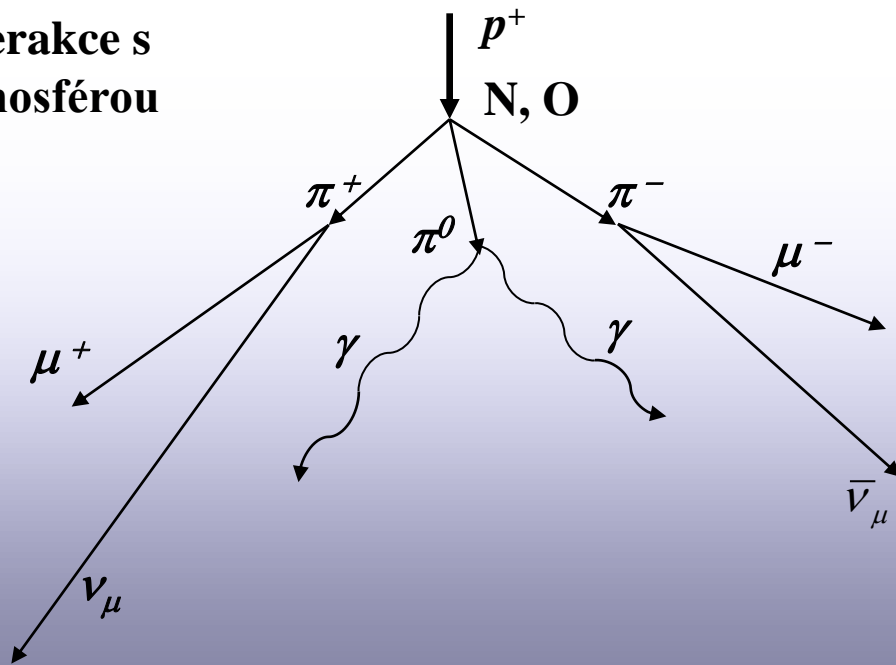
kosmické záření

90 % protony

9 % α -částice

1 % těžší jádra & ostatní částice (e^- , e^+ , p^-)

interakce s
atmosférou



Zdroje pozitronů

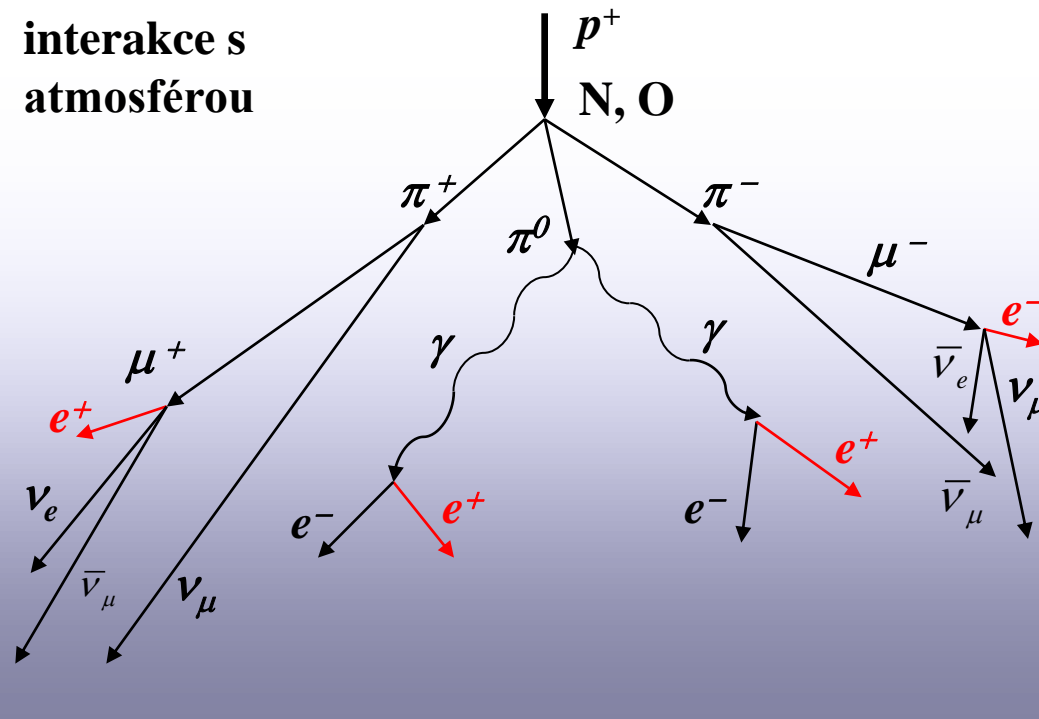
kosmické záření

90 % protony

9 % α -částice

1 % těžší jádra & ostatní částice (e^- , e^+ , p^-)

interakce s
atmosférou



- doba života mionů: $2.2 \mu\text{s}$
- vznik v horních vrstvách atmosféry $\approx 10 \text{ km}$
- klasická mechanika:
i kdyby letěly rychlostí světla neurazí víc než $\approx 660 \text{ m}$
- relativisticky:

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

- $V \approx 0.999 c$

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - 0.999^2}} \approx 22\Delta t \Rightarrow 15 \text{ km}$$