

Speciální teorie relativity

Pojmy a principy

1. Dotkněte se tužkou určitého bodu na stole a asi po jedné sekundě tento dotyk opakujte. Odehrály se obě události (tj. první i druhý dotyk) na stejném místě?
2. Auto záchranné služby vysílá při jízdě ulicemi města světelné záblesky. Jsou tyto záblesky souměrné události?
3. Může mít rovnoměrný přímočarý pohyb kosmické lodi pohybující se vzhledem k Zemi rychlostí blízkou rychlosti světla vliv na správnou funkci počítače? (Zemi považujte za inerciální vztažnou soustavu.)
4. Představme si, že v kosmické lodi, která se vzhledem k Zemi pohybuje rychlostí jen o málo menší, než je rychlost světla, sedí ve směru pohybu pozorovatel a dívá se do zrcadla. Může vidět svůj obraz?
5. V kosmické lodi o délce 300 m je ve směru od zádi na před vylátný světelný paprsek. Jakou dobu průletu paprsku lodí naměří kosmonaut v lodi, jestliže a) loď je na Zemi v klidu, b) loď se pohybuje stálou rychlostí o velikosti $10^7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vzhledem k Zemi?

Relativistická kinematika

6. Kuře se (na Zemi) vylíhne z vajíčka za 21 dní. Předpokládejme, že líheň je umístěna v kosmické lodi pohybující se vzhledem k Zemi rychlostí $0,994c$. Jakou dobu vylíhnutí kuřete zjistí v tomto případě a) kosmonaut na kosmické lodi, b) pozorovatel na Zemi?
7. Elementární částice *mion*, která vzniká ve vrstvách atmosféry asi 15 km nad povrchem Země, má střední dobu života v klidové soustavě zhruba $2,2 \mu\text{s}$ a pohybuje se vzhledem k Zemi rychlostí přibližně $0,9998c$. Je možné miony detekovat na povrchu Země? Řešte klasicky i relativisticky; řešení porovnejte. (Miony jsou na povrchu Země skutečně detekovány.)
8. Částice K^+ zvaná *kladný kaon* má v klidu průměrnou dobu života $12,37 \text{ ns}$. V laboratoři jsou generovány kaony o rychlosti 99 % rychlosti světla (měřeno vzhledem k laboratoři). Jaký bude průměrný dolet kaonů? Proveďte klasický i relativistický výpočet a porovnejte.
9. Kosmická loď letí ke hvězdě vzdálené 4 světelné roky stálou rychlostí $0,8c$ vzhledem k Zemi. Jak dlouho potrvá cesta k hvězdě pro pozorovatele na Zemi a pro pozorovatele na lodi?
10. Dvojčata Adam a Bedřich se po oslavě svých dvacátých narozenin rozhodla, že Adam zůstane na Zemi, zatímco Bedřich se vydá na cestu k hvězdě vzdálené 40 světelných roků, u hvězdy se hned obrátí a vrátí se zpět na Zemi. Kosmická loď se pohybuje stálou rychlostí o velikosti $0,99c$ (s výjimkou krátkých úseků u Země a poblíž hvězdy, kde se pohybuje zrychleným pohybem). Kolik let bude Adamovi a Bedřichovi, když se opět setkají?

11. Japonský rychlovlak na magnetickém polštáři Maglev jede rychlostí $601,2 \text{ km/h}$; souprava má (v klidu) délku 500 m. Jakou délku soupravy naměří pozorovatel u trati?
12. Tyč o klidové délce 5 m se pohybuje vzhledem k pozorovateli ve směru své podélné osy rychlostí $2 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Jakou délku tyče pozorovatel naměří?
13. Jakou rychlostí se vzdaluje od Země raketa, jestliže pro pozorovatele na Zemi je její délka ve srovnání s délkou klidovou poloviční?
14. Proton proletěl v laboratoři trubici o délce 12 cm za dobu $5 \cdot 10^{-10} \text{ s}$. Určete délku této trubice v klidové soustavě protonu.
15. Těleso, které má v klidové soustavě tvar krychle, se pohybuje ve směru osy x rovnoměrně přímočaře rychlostí \vec{v} kolmo na stěnu krychle. Velikost rychlosti krychle je $0,95c$, klidová délka její hrany 1 m. Určete objem tělesa ve vztažné soustavě, vzhledem k níž se těleso pohybuje rychlostí \vec{v} .
16. Z kosmické lodi pohybující se vzhledem k Zemi rychlostí $0,8c$ byla ve směru jejího pohybu vypuštěna raketa rychlostí $0,6c$ (vzhledem k lodi). Určete a) délku rakety vzhledem k lodi, b) rychlost rakety ve vztažné soustavě spojené se Zemí, c) délku rakety vzhledem k Zemi.

Relativistická dynamika

17. Letadlo o klidové hmotnosti 20 tun letí vzhledem k Zemi rychlostí o velikosti 1000 km/h . Vypočítejte přírůstek jeho hmotnosti.
18. Určete přírůstek hmotnosti jednoho litru vody při ohřátí o $100 \text{ }^\circ\text{C}$.
19. Určete klidovou energii elektronu.
20. Proton se vzhledem k dané vztažné soustavě pohybuje rychlostí o velikosti $2,4 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Určete v této vztažné soustavě jeho relativistickou hmotnost.
21. Těleso tvaru krychle o hraně $0,12 \text{ m}$ má hmotnost $10,6 \text{ kg}$. Vypočítejte hustotu tělesa a) v soustavě, vzhledem k níž je těleso v klidu, b) v soustavě, vzhledem k níž se těleso pohybuje rychlostí $0,4c$.
22. Elektricky nabitě piony mají vzhledem k laboratorní vztažné soustavě kinetickou energii $E_k = 7m_0c^2$, střední dobu života $T = 1,76 \cdot 10^{-5} \text{ s}$. Určete vlastní dobu života pionu; m_0 je klidová hmotnost pionů.
23. Jaké napětí elektrostatičké pole by bylo zapotřebí podle klasické teorie na to, aby elektron v tomto poli získal rychlost světla? Jakou rychlost získá elektron v tomto poli ve skutečnosti?
24. Určete hmotnost a rychlost elektronu, jestliže jeho kinetická energie je $2 \cdot 10^5 \text{ eV}$.