

Promyslete odpovědi na otázky:

1. Souvisí nějak nesoučasnost pozorování blesku a hromu s relativistickou nesoučasností událostí? (Světlo blesku se šíří rychlostí $300\text{m}/\mu\text{s}$, zvuk rychlostí 340 m/s .)

A: Otázka směřuje k porozumění relativistické nesoučasnosti dějů, jejíž příčina leží jinde.

O: Nesouvisí, nesoučasnost vzniká rozličnou rychlostí šíření světla a zvuku.

Hrom a blesk jsou současné a souměrné (ve všech soustavách), ale jejich pozorování už tuto vlastnost nemá.

2. Je taková zima, že rychlost zvuku ve vzduchu je pouze 300 m/s . Rychlost světla je $300\text{ m}/\mu\text{s}$. Najednou 600m od vás exploduje světelná petarda.

- Za jak dlouho po výbuchu uvidíte záblesk světla?
- Za jak dlouho po explozi uslyšíte výbuch?
- Záblesk jste uviděli v čase $t = 2.000002\text{ s}$. V jakém čase došlo k vlastní explozi?
- Zapište prostoročasové souřadnice pro Událost „exploze petardy“.

Předpokládejte, že exploze proběhla ve směru kladné osy x .

A: Úloha připravuje terminologii a základní vztahy.

O: ($2\mu\text{s}$, 2 s , 2 s), [600m , $0,0,2\text{s}$].

3. Policejní auto vysílá při jízdě městem světelné signalizační záblesky. Představují tyto záblesky souměrné události?

A: Úloha prověřuje, zda si tázaný uvědomí nutnost stanovení vztažné soustavy (VS). Dále, zda si uvědomuje možnost existence VS, kde záblesky souměrné jsou.

O: Pojem souměrnosti závisí (i v nerelativistické fyzice) na vztažné soustavě. Záblesky jsou souměrné v soustavě auta, ale nikoliv v soustavě země.

4. Stojíte na rovném terénu. 300m od vás leží petarda č.1, 600m od vás ve stejném směru leží druhá petarda č.2. **Uvidíte**, že obě najednou explodují. Stanovte si: Událost1 jako "Petarda č. 1 exploduje" a jako Událost2 "Petarda č. 2 exploduje".

- Nastala Událost1 před či po Události 2 nebo současně s Událostí 2?
- Krátce vysvětlete.

A: Úloha nutí tázaného, aby odlišil okamžik „události samotné“ a okamžik předání informace (vjemu) o ní.

O: Světlo z Události2 k vám cestuje dvakrát delší trasu než světlo z Události1 a bude tedy dvakrát déle trvat, než k vám dorazí. Tedy Událost1 musela nastat až po Události2.

5. Dvě petardy jsou umístěny 600m od sebe. Stojíte přesně **uprostřed mezi nimi**. Váš **kolega je 300m vzdálen od petardy č. 1 na opačné straně**. Vy osobně **uvidíte** dva současné záblesky světla z explozí. Stanovte si opět Událost1 "Petarda č. 1 exploduje" a Událost2 "Petarda č. 2 exploduje" jako v předchozí úloze.

Jaké bude pořadí obou Událostí **na základě měření**, které provede váš kolega?

A: Úloha opět zpřesňuje rozlišování mezi událostmi a okamžiky, kdy jsme o nich informováni.

O: Kolega zaznamená U1 dříve než U2.

Vy vidíte obě události ve stejném čase a záblesky z nich k vám cestují ze stejných vzdáleností, musejí být tudíž současné. Kolega zaznamená U1 jako dřívější než U2 (je k ní blíže), ale správným vyhodnocením měření též musí zjistit, že obě události nastaly současně.

6. a,

Dva stromy jsou od sebe od 600m. Stojíte přesně v polovině vzdálenosti mezi oběma stromy. Váš kolega se nachází u prvního stromu. Do obou stromů udeří blesk. Váš kolega **na základě svých měření zjistí**, že oba blesky byly současné. Jak jste to **viděli** vy? Vysvětlete.

A: Úloha opět ukazuje, že odpověď na otázku, zda vidíme nějaké události jako současné závisí na poloze pozorovatele.

O: U1 a U2 byly současné podle měření kolegy nikoli podle jeho vjemu, vy jste uprostřed mezi umístěním U1 a U2 tedy pro vás byly současné i co do vidění.

- b,

Blesky udeří znovu. Tentokrát váš **kolega vidí oba záblesky** světla ve stejném časovém okamžiku. Co jste **viděli** vy? Byly zásahy blesků současné?

A: Úloha ověřuje, zda si tázaný uvědomuje odlišnost od předchozího zadání.

O: Kolega je vidí ve stejném okamžiku, takže je jasné vzhledem k jeho umístění, že U1 a U2 nemohly nastat současně. Nejprve nastala U2 a pak U1.

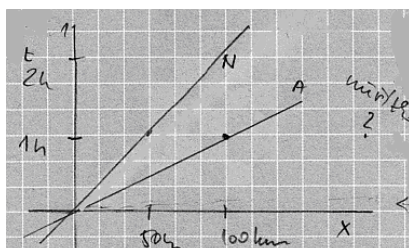
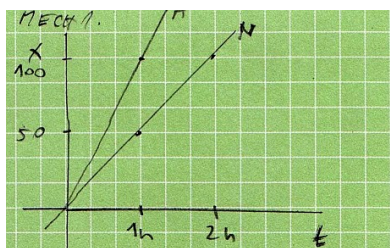
Vy jste to i viděli, že U2 nastala před U1, neboť stojíte ve stejné vzdálenosti od U1 a U2.

7. Osobní automobil ujede za jednu hodinu 100km, nákladní za tutéž dobu 50km. Oba automobily vyjždějí ze stejného místa ve stejném okamžiku. Oba se pohybují rovnoměrným přímočarým pohybem stejným směrem.

- Zakreslete **graf závislosti polohy automobilu na čase** (souřadnice t, x) za předpokladu, že pohyb považujete za rovnoměrný přímočarý.
- Zakreslete totéž do **Minkowského diagramu** (souřadnice x, ct - místo času vynášíme na svislou osu jeho součin s rychlostí světla, abychom na obou osách měli stejné rozměr délky ve stejném měřítku).

A: Postup řešení ukazuje, zda tázaný dokáže pracovat s grafy podle zadání, zda si uvědomí problém zakreslit malé a velké rychlosti do téhož grafu. Ti, kteří znají práci s Minkowského diagramy jsou ve výhodě (ti druzí se zdráhají užít aparát, který neznají, byť jim je návodně nabízen).

O: Viz obr. 1a, b (zde nelze zvolit rozumně měřítko s ct):

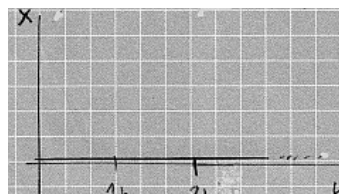
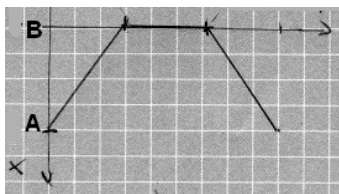
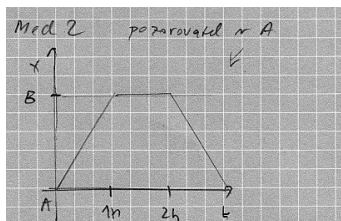


8. Osobní automobil vyjel z místa A do místa B, která jsou od sebe vzdálena 100 km. Trasu urazil za jednu hodinu, pak hodinu stál v místě B a pak se navrátil do místa A, přičemž tato cesta mu trvala opět hodinu. Zakreslete **graf závislosti polohy automobilu na čase** (souřadnice t, x , osa x směřuje z A do B) za předpokladu, že pohyb považujete za rovnoměrný přímočarý.

- Řešte z hlediska pozorovatele, který čeká na návrat automobilu v místě A (počátek SS je v bodě A). Bude se graf lišit z hlediska pozorovatele, který je po celou dobu pohybu v místě B (počátek SS se přesune do místa B)?
- Úlohu řešte z hlediska řidiče automobilu.

A: Postup řešení ukazuje, zda tázaný dokáže užívat v praxi Galileiho transformaci.

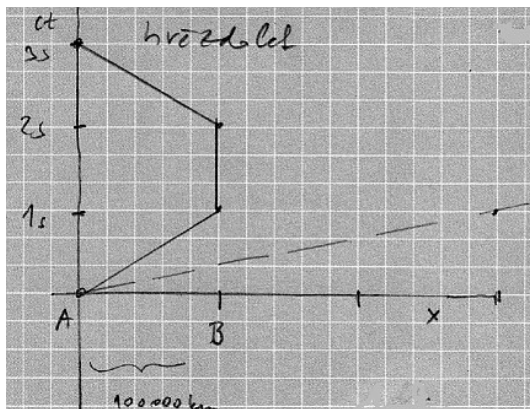
O: Viz obr. 2a,b,c:



9. Uvažujete tentokrát o **hvězdoletu**. Trasu z místa A do místa B, jež jsou od sebe vzdálena 100 000 km, hvězdolet urazil za jednu sekundu. Pak sekundu stál v místě B a pak se navrátil do místa A, přičemž tato cesta mu trvala opět sekundu. Zkuste vše zakreslit do Minkowského diagramu (souřadnice x, ct).

A: V tomto případě sice jde pouze o přehození tradičních os pro vyznačení pohybu, tentokrát i rychlosti jsou takové, že lze vše bez potíží vyznačit. Ti, kteří neznají práci s Minkowského diagramy, úlohu vynechali.

O: Viz obr. 3:



10. Událost **A** nastala v prostoročasových souřadnicích (300 m, $2\mu\text{s}$). Událost **B** se vyskytuje v souřadnicích (1200 m, $6\mu\text{s}$). Mohla **A** být příčinou **B**?

- Událost **C** nastala v prostoročasových souřadnicích (2400 m, $8\mu\text{s}$). Mohla **A** být příčinou **C**?

A: Úloha testuje, zda si tázaný uvědomuje, že nepřekročitelnost c je kritériem kauzality.

O: AB mohou $(x_2-x_1)/(t_2-t_1) < c$, AC nikoliv $(x_2-x_1)/(t_2-t_1) > c$.

11. Na základě tabulky (máte k dispozici), zakreslete grafy kontrakce délky a dilatace času v závislosti na rychlosti pohybu vztažné soustavy. Pro jaké hodnoty rychlosti pohybu jsou tyto jevy zanedbatelné a pro jaké již významné?

A:

B:

12. Můžeme v teorii relativity užívat 2. Newtonův zákon ve běžně uváděném tvaru ?

$$F = \frac{d}{dt} \left(\frac{m \mathbf{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right)$$

V jednom textu se psalo, že zrychlení částice $\frac{d\mathbf{v}}{dt}$ klesá při rostoucí rychlosti v k nule a částice nedosáhne proto nikdy rychlosti světla. Řešením rovnice však zjistíme, že částice rychlost světla dosáhne. V čem je chyba?

A: Otázkou ověřujeme, zda chápou, za jakých podmínek je možný zápis $m\mathbf{a} = \mathbf{F}$.

O: Pohybová rovnice částice není podle teorie relativity $m\mathbf{a} = \mathbf{F}$, ale $d(m\mathbf{v})/dt = \mathbf{F}$.

13. Dva broučci B1, B2 se v určitém okamžiku nacházejí v bodech A a B, jejichž vzdálenost je L_0 , a pohybují se rychlostí v_1, v_2 tak, že první brouček se pohybuje po přímce kolmé na úsečku AB a druhý po přímce, která svírá s úsečkou AB úhel α .

a) Zakreslete popsanou situaci.

b) Určete, za jakou dobu t od chvíle, kdy se broučci nacházeli v počátečních bodech A a B bude vzájemná vzdálenost broučků nejmenší.

A: Otázkou ověřujeme, tázaný umí vyjádřit vzdálenost (její kvadrát) mezi objekty jako funkci času.

O:

Řešení s trikem:

Přejdeme ke vztažné soustavě, v níž je brouček B v klidu.

Brouček A v ní leze rychlostí $\mathbf{u} = \mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2$. Minimální vzdálenost mezi broučky je vzdálenost PB, kde P je pata komice spuštěné z B na přímku pohybu broučka A. Pomocí analytické geometrie najdeme kolmici a délku.

Chytré řešení:

Vektor \mathbf{u} má složky u_x ve směru spojnice AB a u_y ve směru kolmém. Pravoúhlý trojúhelník sestavený z uvedených vektorů je podobný trojúhelníku APB. Označme jeho strany obvyklým způsobem jako a, p, b. Z podobnosti plyne

$$a = u_y L/u, \quad b = u_x L/u, \quad t = b/u = u_x L/u^2$$

kde $u_x = v_2 \sin \alpha$, $u_y = v_1 - v_2 \cos \alpha$, $u^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2 v_1 v_2 \cos \alpha$ (cosinová věta).

Ve výsledku a je minimální vzdálenost broučků, t je čas dosažení minima..

14. Rozpulte úhel, jehož vrchol je nedostupný. Udělejte náčrtek a slovně popište postup.

A: Úlohou zkoumáme, zda tázaný dokáže využít své geometrické znalosti v mírně nezvyklé situaci.

O: Vedeme dvě a dvě rovnoběžky s rameny úhlu ve stejných vzdálenostech od ramen. Příslušní průsečíky vytvoří osu úhlu.

Jinak např.

Zvolit bod A na přímce v , sestrojí se $AB \perp u$ a $BC \perp v$, hledaná osa bude kolmá k ose $B'B$ úhlu ABC a bude procházet středem úsečky $B'B$. Viz obr.

15. Proved'te test pozornosti na následující straně.

A: Úloha testuje, zda tázaný dokáže udržet pozornost i po vcelku náročném testu.

Test pozornosti --- Continuous Performance Task

Po dobu sedmi minut se snažte označit všechny dvojice po sobě jdoucích čísel, jejichž součet je deset.

A 2 9 1 4 8 7 5 6 3 9 4 6 7 8 8 3 1 2 3 4 5 6 7 8 9 8 7 6 5 4 3 7
B 9 8 7 6 5 4 3 2 1 9 8 7 6 5 4 3 1 4 2 1 5 2 1 6 2 1 7 2 8 1 9 2
C 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6 7 1 5 2 1 6 3 1 7 4 6 1 3 5 1 2 4
D 3 3 4 6 7 3 8 2 9 1 4 5 6 7 3 4 9 1 2 9 1 2 3 1 9 8 7 6 5 1 9 0
E 5 3 9 8 2 7 7 4 6 7 5 3 7 0 9 8 8 0 2 8 3 8 2 0 8 2 4 6 5 9 3 4
F 2 0 5 6 3 7 7 0 8 9 5 7 4 9 7 4 5 5 0 5 5 3 3 5 5 4 4 6 5 5 0 5
G 6 4 3 2 8 9 7 6 3 7 8 2 0 9 3 8 2 4 5 7 8 6 4 0 1 8 2 5 8 6 4 0
H 7 6 5 5 4 7 4 4 4 6 6 6 8 8 8 3 1 3 4 5 1 7 8 9 1 3 1 4 1 5 6 1
I 3 2 1 3 2 1 1 2 3 1 2 3 5 4 3 7 8 2 3 9 2 3 7 2 3 6 3 2 4 3 7 6
J 9 8 7 9 8 7 8 7 6 8 2 6 7 6 5 7 0 1 9 8 6 8 4 7 4 3 2 8 9 6 1 0
K 1 9 8 7 3 8 2 6 4 5 5 9 1 0 8 8 4 2 3 4 5 6 8 3 4 5 6 7 9 4 6 7
L 2 4 6 8 2 4 6 8 3 6 9 1 1 8 1 9 4 4 5 5 5 6 6 6 6 7 7 7 7 7 3 8
M 8 3 6 5 9 1 7 2 3 7 5 9 4 3 7 6 7 7 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 9 9
N 9 1 8 2 7 3 6 4 5 5 8 1 8 3 7 2 9 1 0 8 2 0 7 4 5 6 7 8 9 2 3 4
O 2 7 3 4 8 5 5 6 4 7 2 3 7 8 0 2 6 7 7 5 6 7 5 6 7 5 6 4 5 7 6 6
P 6 3 8 6 0 9 1 8 7 6 4 3 8 2 9 2 8 7 6 5 4 6 5 4 3 5 4 3 2 3 2 1
Q 9 7 5 4 3 3 5 4 6 8 2 2 5 4 6 6 8 5 7 4 6 3 5 2 9 6 6 4 5 3 4 2
R 4 0 4 3 9 3 4 7 3 6 8 2 4 7 4 6 3 6 4 7 5 8 6 9 7 2 8 3 7 2 8 3
S 9 0 1 6 1 9 8 4 6 3 2 8 7 6 4 2 8 4 8 7 6 5 9 0 7 1 1 5 1 6 8 2
T 8 3 6 5 4 2 8 9 6 6 1 0 3 6 8 2 6 7 5 4 6 9 8 4 5 7 3 4 2 8 9 1
U 4 8 6 5 4 8 7 6 9 8 3 4 7 3 8 9 6 4 7 5 6 7 6 4 7 6 4 7 3 4 6 8
V 8 9 5 7 3 8 6 9 0 1 0 2 8 5 3 7 8 2 3 2 8 1 8 1 7 1 6 1 5 6 4 8
W 6 4 2 8 6 4 9 7 6 2 8 0 1 8 3 6 5 2 8 3 6 6 7 7 8 8 9 9 1 1 2 2
X 4 8 2 9 5 1 6 3 8 3 7 8 4 6 7 5 2 2 6 6 3 3 7 7 4 4 8 8 5 5 9 9
Y 6 2 4 8 2 7 4 6 3 8 9 6 1 9 8 4 8 3 2 8 4 5 5 9 1 8 2 6 4 3 7 9