

TEST

POROZUMĚNÍ POJMU SÍLA

© original Force Concept Inventory 1992
D. Hestenes, M. Wells, G. Swackhamer
In: Phys. Teach. 30 (3), 141-158 (1992)
Revised 1995: I. Halloun, R. Hake, E. Mosca

Department of Physics and Astronomy
Arizona State University Tempe, AZ 85287, USA
<http://modeling.la.asu.edu/R&E/Research.html>,
hestenes@asu.edu

© česká verze 2008
J. Burešová, D. Mandíková
Odborná revize překladu: L. Dvořák,
V. Žák, E. Hejnová, J. Králík

Katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha
V Holešovičkách 2, 182 00 Praha 8
dana.mandikova@kdf.mff.cuni.cz

TEST

POROZUMĚNÍ POJMU SÍLA

Poznámky pro učitele

- Force Concept Inventory (FCI) je test s otázkami s výběrem odpovědi, který byl navržený, aby zjišťoval, jak studenti chápou základy newtonovské mechaniky. FCI test může být použit k různým účelům, ale nejdůležitější z nich je hodnocení efektivity výuky.
- Tento test se řeší pouze s tužkou a papírem, studenti nemají k dispozici učebnice, tabulky, poznámky ani žádné vzorce.
- Před studenty tento test nenazývejte FCI, vymyslete si vlastní název nebo jej ponechte bez názvu.
- Započítejte test do hodnocení, aby k němu studenti přistoupili seriózně.
- Test po skončení testování vyberte a uschovejte, aby k němu studenti neměli přístup.

Děkujeme za spolupráci!

TEST

POROZUMĚNÍ POJMU SÍLA

Pokyny

- **nepište** nic do zadání testu
- odpovědi **zakroužkujte** ve svém **záznamovém archu**
- **zakroužkujte** vždy jen **jednu** odpověď u každé otázky
- **nepřeskakujte** otázky, protože na sebe navazují
- snažte se nehádat odpovědi
- vaše odpovědi by měly vyjadřovat to, co si sami myslíte či co intuitivně cítíte
- **počkejte na pokyn zadavatele**, potom nalistujte následující stranu a postupně odpovídejte
- na vyplnění testu máte **30 minut**, naplánujte si podle toho čas

Poznámka: V souladu s anglickým originálem je v testu používán termín gravitační síla, a to ve stejném významu jako síla tíhová.

1. Máme dvě stejně velké kovové kuličky, jedna váží dvakrát více než druhá. Tyto kuličky pustíme současně ze střechy jednopodlažní budovy. Čas, za který kuličky dopadnou na zem, bude:
 - (A) přibližně poloviční pro těžší kuličku než pro lehčí kuličku.
 - (B) přibližně poloviční pro lehčí kuličku než pro těžší kuličku.
 - (C) přibližně stejný pro obě kuličky.
 - (D) výrazně kratší pro těžší kuličku, ale ne nutně poloviční.
 - (E) výrazně kratší pro lehčí kuličku, ale ne nutně poloviční.

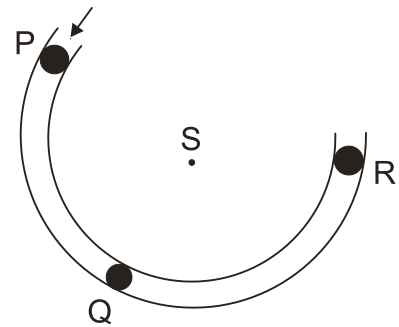
2. Tytéž dvě kovové kuličky jako v první otázce spadnou z okraje vodorovného stolu, po kterém se kutálely stejnou rychlostí. V tomto případě:
 - (A) obě kuličky dopadnou na podlahu přibližně ve stejné vzdálenosti od paty stolu.
 - (B) těžší kulička dopadne na podlahu přibližně v poloviční vzdálenosti od paty stolu než kulička lehčí.
 - (C) lehčí kulička dopadne na podlahu přibližně v poloviční vzdálenosti od paty stolu než kulička těžší.
 - (D) těžší kulička dopadne o hodně blíže k patě stolu než lehčí kulička, ale ne nutně v poloviční vzdálenosti.
 - (E) lehčí kulička dopadne o hodně blíže k patě stolu než těžší kulička, ale ne nutně v poloviční vzdálenosti.

3. Kámen, který pustíme ze střechy jednopodlažní budovy:
 - (A) dosáhne maximální rychlosti krátce po začátku pohybu, a pak padá konstantní rychlostí.
 - (B) zrychluje svůj pád, protože gravitační přitahování výrazně vzrůstá s tím, jak se kámen přibližuje k zemi.
 - (C) zrychluje, protože na něj působí téměř konstantní gravitační síla.
 - (D) padá, protože všechny předměty mají přirozenou tendenci spočívat na zemském povrchu.
 - (E) padá, protože ho směrem dolů tlačí jak gravitační síla, tak síla, kterou na něj působí vzduch.

4. Velký kamion se čelně srazí s malým osobním autem. V průběhu srážky:
 - (A) kamion působí větší silou na auto než auto na kamion.
 - (B) auto působí větší silou na kamion než kamion na auto.
 - (C) žádné z aut nepůsobí na druhé silou, osobní auto je „sešrotováno“ prostě proto, že se dostalo do cesty kamionu.
 - (D) kamion působí silou na auto, ale auto nepůsobí na kamion.
 - (E) kamion působí na auto stejně velkou silou jako auto na kamion.

Pro zodpovězení dalších dvou otázek (5 a 6) použijte následující text a obrázek:

Na obrázku vidíte dokonale hladký žlábek ve tvaru části kruhu se středem v bodě S. Tento žlábek je připevněn na vodorovném dokonale hladkém stole. Na stůl se díváme kolmo shora. Působení vzduchu je zanedbatelné. Do žlábku vstřelíme v bodě P vysokou rychlostí kuličku, v bodě R kulička žlábek opustí.



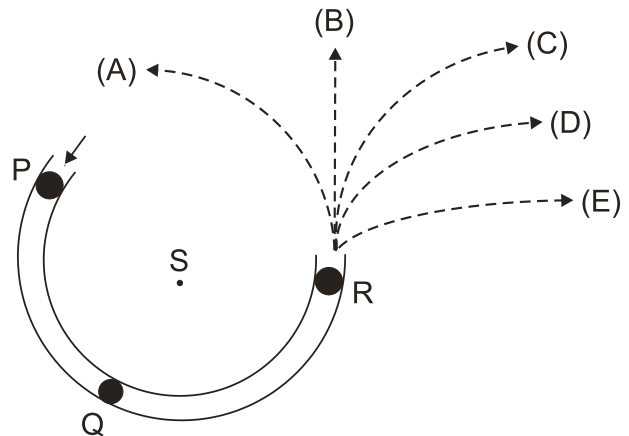
5. Uvažujte tyto různé síly:

1. gravitační síla působící směrem dolů
2. síla, kterou působí žlábek, mířící z bodu Q do bodu S
3. síla ve směru pohybu kuličky
4. síla mířící z bodu S do bodu Q

Které z výše uvedených sil působí na kuličku, když se v dokonale hladkém žlábku nachází v bodě Q?

- (A) pouze 1
- (B) 1 a 2
- (C) 1 a 3
- (D) 1, 2 a 3
- (E) 1, 3 a 4

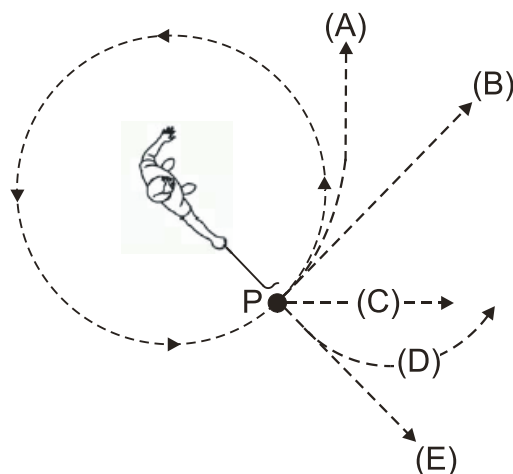
6. Kulička opustí žlábek v bodě R a dále se pohybuje po dokonale hladkém stole. Která z trajektorií vyznačených na obrázku vpravo nejlépe odpovídá pohybu kuličky po opuštění žlábku?



7. Ocelová kulička je přivázaná na provázek a člověk jí kolem sebe točí tak, že se kulička pohybuje ve vodorovné rovině, jak ukazuje obrázek.

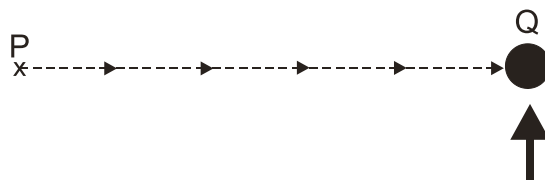
V bodě P vyznačeném na obrázku se provázek v blízkosti kuličky náhle přetrhne.

Celou situaci pozorujeme kolmo shora. Která z trajektorií vyznačených na obrázku nejlépe odpovídá pohybu kuličky po přetržení provázku?

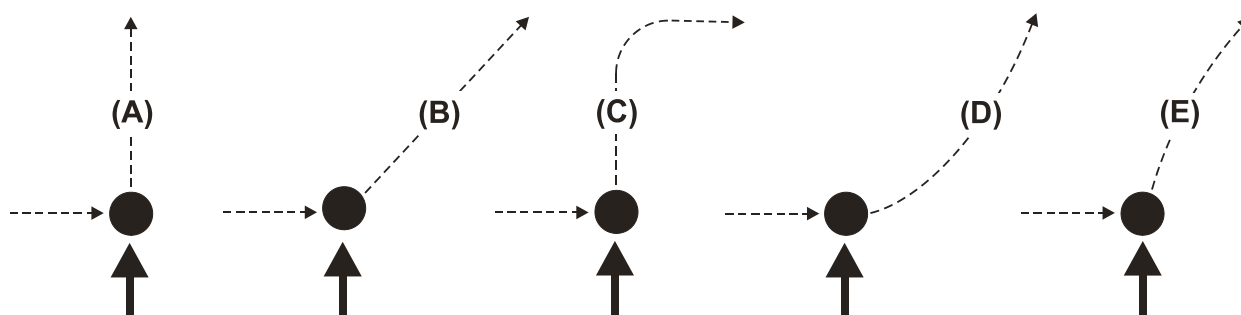


Pro zodpovězení dalších čtyř otázek (8 až 11) použijte následující text a obrázek:

Na obrázku pod textem je znázorněn hokejový puk, který klouže bez tření konstantní rychlostí v_0 po přímce z bodu P do bodu Q po vodorovné podložce. Odpor vzduchu můžeme zanedbat. Na puk se díváme shora. V bodě Q dostane puk krátký rychlý úder ve směru naznačeném velkou šipkou. Kdyby byl puk v bodě Q v klidu, pohyboval by se po tomto úderu rychlostí v_k ve směru úderu.



8. Která z trajektorií na obrázku nejlépe odpovídá pohybu puku po úderu?



9. Velikost rychlosti puku hned po úderu:

- (A) se rovná velikosti rychlosti v_0 , kterou se puk pohyboval před úderem.
- (B) se rovná velikosti rychlosti v_k způsobené úderem, která je nezávislá na rychlosti v_0 .
- (C) se rovná součtu velikostí rychlostí v_0 a v_k .
- (D) je menší než velikost kterékoliv z rychlostí v_0 a v_k .
- (E) je větší než velikost kterékoliv z obou rychlostí v_0 a v_k , ale je menší než součet velikostí rychlostí v_0 a v_k .

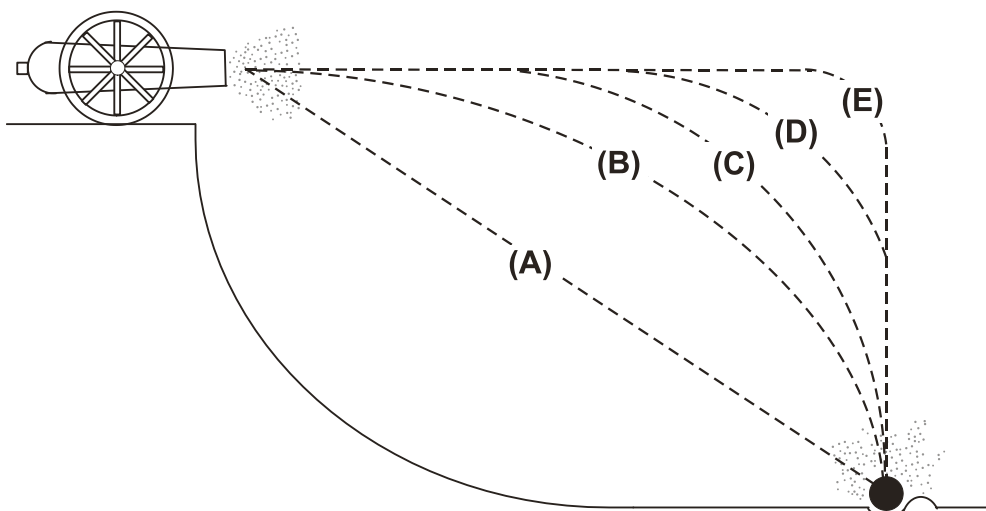
10. Když se puk po úderu pohybuje bez tření po trajektorii, kterou jste vybrali v otázce číslo 8, velikost jeho rychlosti:

- (A) je konstantní.
- (B) stále roste.
- (C) stále klesá.
- (D) chvíli roste, pak klesá.
- (E) je chvíli konstantní, pak klesá.

11. Jaké síly působí po úderu na puk, když se pohybuje bez tření po trajektorii, kterou jste zvolili v odpovědi na otázku číslo 8?

- (A) Gravitační síla působící směrem dolů.
- (B) Gravitační síla působící směrem dolů a vodorovná síla ve směru pohybu.
- (C) Gravitační síla působící směrem dolů, síla, kterou působí směrem vzhůru podložka, po níž se puk pohybuje, a vodorovná síla ve směru pohybu.
- (D) Gravitační síla působící směrem dolů a síla, kterou působí směrem vzhůru podložka.
- (E) Žádné síly na puk nepůsobí.

12. Z děla na útesu je vypálena koule. Která z trajektorií na obrázku nejlépe odpovídá pohybu koule?

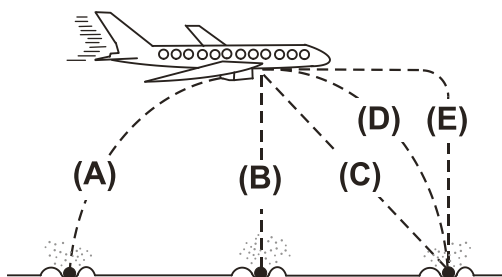


13. Chlapec vyhodí ocelovou kuličku svisle vzhůru. Uvažujte pohyb kuličky od chvíle, kdy opustí ruku chlapce do doby, než dopadne na zem. Odpor vzduchu zanedbejte.

Jaké síly (síla) působí na kuličku za těchto podmínek?

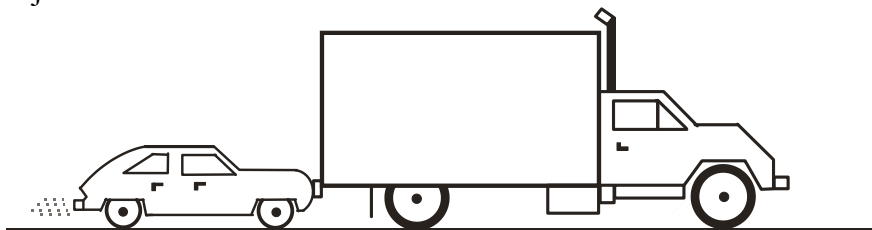
- (A) Gravitační síla působící směrem dolů a stále se zmenšující síla působící směrem nahoru.
- (B) Stále se zmenšující síla směrem nahoru, která na kuličku působí od okamžiku, kdy opustila ruku chlapce, do doby než dosáhne nejvyššího bodu své dráhy; na cestě dolů působí na kuličku stále rostoucí gravitační síla, protože se přibližuje k zemi.
- (C) Téměř konstantní gravitační síla směrem dolů a společně s ní působí síla směrem nahoru, která se stále zmenšuje, dokud kulička nedosáhne nejvyššího bodu. Na cestě dolů působí už pouze konstantní gravitační síla směrem dolů.
- (D) Působí jen téměř konstantní gravitační síla směrem dolů.
- (E) Žádná z výše popsaných možností. Kulička padá zpátky k zemi díky přirozené tendenci ležet v klidu na zemi.

14. Z nákladového prostoru letadla letícího vodorovně vypadne náhodně bowlingová koule. Která z trajektorií nejlépe odpovídá pohybu koule po vypadnutí z letadla z pohledu pozorovatele stojícího na zemi, který vidí letadlo tak, jak ukazuje obrázek?

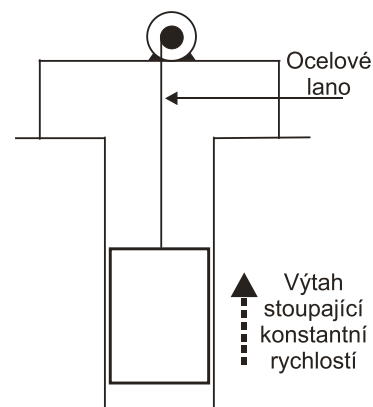


Pro zodpovězení dalších dvou otázek (15 a 16) použijte následující text a obrázek :

Velké nákladní auto se porouchalo na silnici mimo město a do města jej tlačí malé osobní auto, jak ukazuje obrázek.



15. Když osobní auto tlačí nákladník zrychluje, aby dosáhlo požadované rychlosti:
- (A) je velikost síly, kterou tlačí osobní auto na nákladník, stejná jako velikost síly, kterou tlačí nákladník auto na osobní.
 - (B) je velikost síly, kterou tlačí osobní auto na nákladník, menší než velikost síly, kterou tlačí nákladník auto na osobní.
 - (C) je velikost síly, kterou tlačí osobní auto na nákladník, větší než velikost síly, kterou tlačí nákladník auto na osobní.
 - (D) motor osobního auta pracuje, takže osobní auto tlačí na nákladník. Motor nákladního auta nepracuje, proto nemůže nákladník auto tlačít zpátky na osobní auto. Nákladník auto je tlačené dopředu jednoduše proto, že stojí v cestě osobnímu autu.
 - (E) auta na sebe vzájemně silami nepůsobí. Nákladník auto je tlačené dopředu jednoduše proto, že stojí v cestě osobnímu autu.
16. Poté, co osobní auto dosáhne stálé rychlosti, kterou jeho řidič chce tlačít nákladník automobil:
- (A) je velikost síly, kterou tlačí osobní auto na nákladník, stejná jako velikost síly, kterou tlačí nákladník auto na osobní.
 - (B) je velikost síly, kterou tlačí osobní auto na nákladník, menší než velikost síly, kterou tlačí nákladník auto na osobní.
 - (C) je velikost síly, kterou tlačí osobní auto na nákladník, větší než velikost síly, kterou tlačí nákladník auto na osobní.
 - (D) motor osobního auta pracuje, takže osobní auto tlačí na nákladník. Motor nákladního auta nepracuje, proto nemůže nákladník auto tlačít zpětně na osobní auto. Nákladník auto je tlačené dopředu jednoduše proto, že stojí v cestě osobnímu autu.
 - (E) Auta na sebe vzájemně silami nepůsobí. Nákladník auto je tlačené dopředu jednoduše proto, že stojí v cestě osobnímu autu.
17. Výtah jede výtahovou šachtou konstantní rychlostí nahoru a je tažen ocelovým lanem, jak ukazuje obrázek. Tření (včetně odporu vzduchu) je zanedbatelné. Co platí pro síly působící na výtah v této situaci?
- (A) Síla, kterou působí lano směrem vzhůru, je větší než gravitační síla mířící dolů.
 - (B) Síla, kterou působí lano směrem vzhůru, je stejná jako gravitační síla mířící dolů.
 - (C) Síla, kterou působí lano směrem vzhůru, je menší než gravitační síla mířící dolů.
 - (D) Síla, kterou působí lano směrem vzhůru, je větší než součet gravitační síly mířící dolů a síly, kterou působí vzduch směrem dolů.
 - (E) Žádná z uvedených možností. (Výtah se pohybuje nahoru díky zkracování ocelového lana a ne kvůli tomu, že na něj působí lano silou směrem vzhůru.)



18. Na obrázku je chlapec, který se houpe na laně. Začal se houpat z místa položeného výše než je bod A na obrázku. Uvažujte následující různé síly:

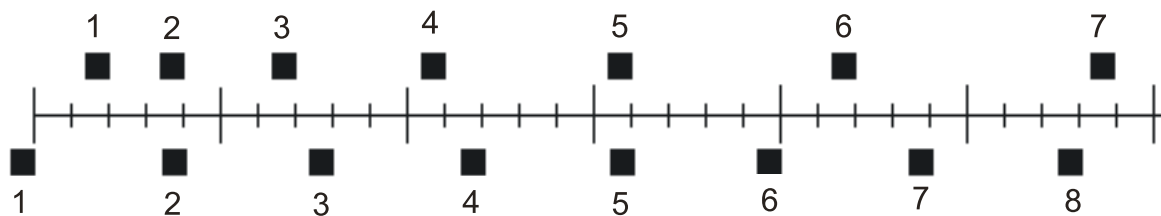
1. gravitační síla působící dolů
2. síla, kterou působí lano, mířící ve směru od bodu A do bodu O
3. síla ve směru chlapcova pohybu
4. síla mířící ve směru od bodu O do bodu A

Která (které) z těchto sil působí na chlapce v bodě A?

- (A) pouze 1
- (B) 1 a 2
- (C) 1 a 3
- (D) 1, 2 a 3
- (E) 1, 3 a 4



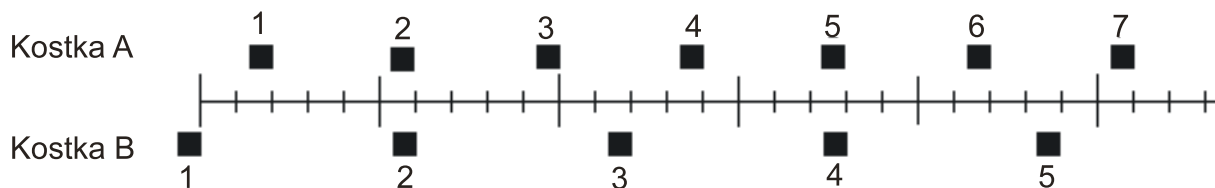
19. Očíslované čtverečky na obrázku znázorňují polohy dvou kostek zaznamenané v po sobě následujících 0,20 sekundových intervalech. Kostky se plynule pohybují zleva doprava.



Mají kostky někdy v průběhu pohybu stejnou rychlost?

- (A) Nemají.
- (B) Ano, v poloze 2.
- (C) Ano, v poloze 5.
- (D) Ano, v poloze 2 a 5.
- (E) Ano, v nějakém čase mezi polohami 3 a 4.

20. Očíslované čtverečky na obrázku znázorňují polohy dvou kostek zaznamenané v po sobě následujících 0,20 sekundových intervalech. Kostky se plynule pohybují zleva doprava.

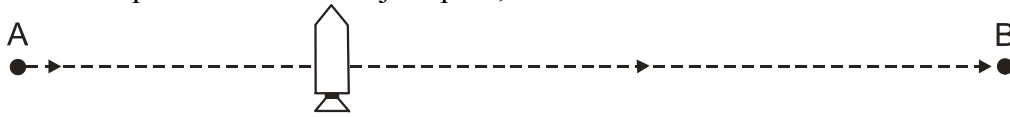


Vztah mezi zrychleními těchto dvou kostek je následující:

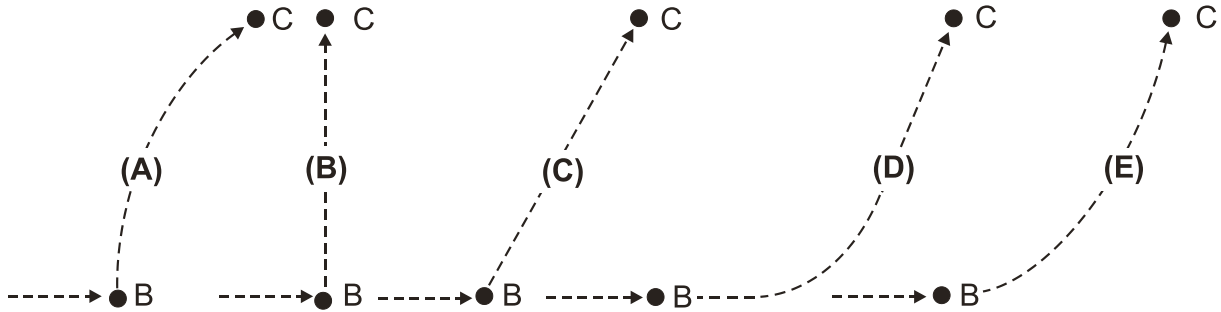
- (A) Zrychlení kostky A je větší než zrychlení kostky B.
- (B) Zrychlení kostky A se rovná zrychlení kostky B. Obě zrychlení jsou větší než nula.
- (C) Zrychlení kostky B je větší než zrychlení kostky A.
- (D) Zrychlení kostky A se rovná zrychlení kostky B. Obě zrychlení jsou nulová.
- (E) Pro zodpovězení otázky není dostatek informací.

Pro zodpovězení dalších čtyř otázek (21 až 24) použijte následující text a obrázek.

Raketa se ve vesmíru pohybuje z bodu A do bodu B, jak ukazuje obrázek. Na raketu nepůsobí žádné vnější síly. V bodě B se zapne motor rakety, který vyvíjí stálý tah (sílu působící na raketu) kolmo na přímkou AB. Motor je zapnut, dokud se raketa nedostane do bodu C.



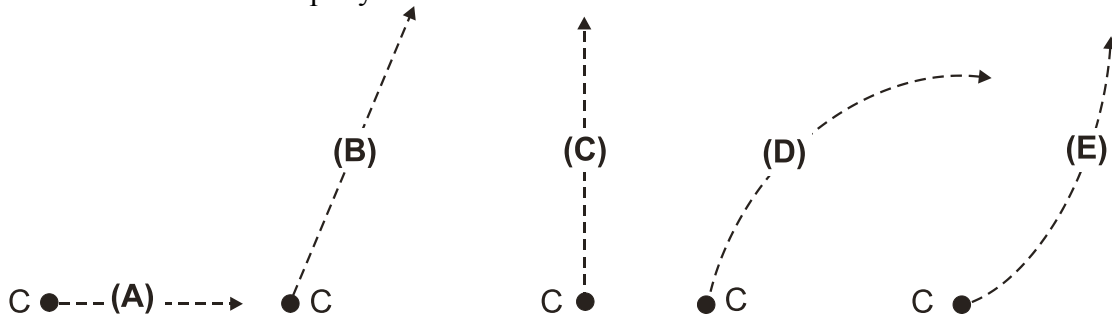
21. Která z trajektorií na obrázku nejlépe znázorňuje pohyb rakety mezi body B a C?



22. Když se raketa pohybuje z bodu B do bodu C, velikost její rychlosti:

- (A) je konstantní.
- (B) plynule roste.
- (C) plynule klesá.
- (D) chvíli roste, pak je konstantní.
- (E) chvíli je konstantní, pak klesá.

23. V bodě C se motor rakety vypne a jeho tah okamžitě klesne na nulu. Po které z trajektorií na obrázku se bude raketa pohybovat za bodem C?



24. Velikost rychlosti rakety za bodem „c“:

- (A) je konstantní.
- (B) plynule roste.
- (C) plynule klesá.
- (D) chvíli roste, pak je konstantní.
- (E) chvíli je konstantní, pak klesá.

25. Žena tlačí velkou krabicí konstantní vodorovnou silou. V důsledku toho se krabice pohybuje konstantní rychlostí v_0 po vodorovné podlaze.

Konstantní vodorovná síla, kterou žena na krabici působí,:

- (A) je stejně velká jako tíha krabice.
- (B) je větší než tíha krabice.
- (C) je stejně velká jako celková síla kladoucí odpor pohybu krabice.
- (D) je větší než celková síla kladoucí odpor pohybu krabice.
- (E) je větší než tíha krabice a také než celková síla kladoucí odpor pohybu krabice.

26. Pokud žena z předchozí otázky zdvojnásobí konstantní vodorovnou sílu, jíž působí na tutéž krabici na stejné podlaze, pak se krabice bude pohybovat:

- (A) konstantní rychlostí, která bude dvojnásobná než rychlost v_0 z předchozí otázky .
- (B) konstantní rychlostí, která bude větší než rychlost v_0 z předchozí otázky, ale nemusí být dvojnásobná.
- (C) chvíli konstantní rychlostí vyšší než rychlost v_0 z předchozí otázky, pak se bude rychlost pořád zvyšovat.
- (D) chvíli rostoucí rychlostí, pak už bude rychlost konstantní.
- (E) plynule rostoucí rychlostí.

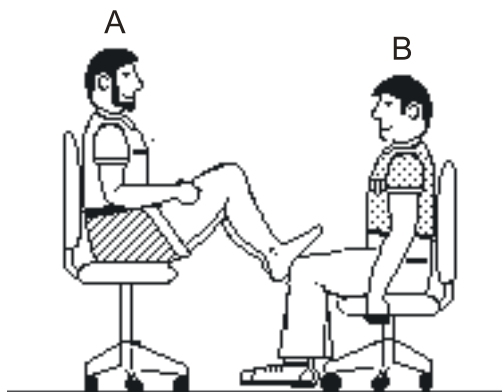
27. Pokud žena z otázky 25 přestane najednou na krabici působit silou, tak krabice:

- (A) se ihned zastaví.
- (B) se bude chvíli pohybovat konstantní rychlostí, pak zpomalí a postupně zastaví.
- (C) začne ihned zpomalovat, až se zastaví.
- (D) se bude dále pohybovat konstantní rychlostí.
- (E) na chvíli zvětší svoji rychlost, pak začne zpomalovat, až se zastaví.

28. Na obrázku vpravo vidíte studenta A, který váží 95 kg a studenta B, který váží 77 kg. Studenti sedí proti sobě na stejných pojízdných židličkách.

Student A se opře bosýma nohama o studenta B, jak vidíte na obrázku. Student A se prudce odstrčí, přičemž uvede obě židle do pohybu.

Dokud se studenti během odstrkování stále dotýkají:



- (A) nepůsobí na sebe vzájemně žádnými silami.
- (B) student A působí silou na studenta B, ale student B na něj žádnou silou nepůsobí.
- (C) oba na sebe působí silami, ale B působí větší silou.
- (D) oba na sebe působí silami, ale A působí větší silou.
- (E) oba na sebe působí stejně velkými silami.

29. Prázdňá kancelářská židle stojí v klidu na podlaze. Uvažujte následující síly:

1. gravitační síla mířící směrem dolů.
2. síla, kterou působí podlaha, mířící směrem nahoru.
3. výsledná síla mířící směrem dolů, kterou působí vzduch.

Které z těchto sil působí na židli?

- (A) pouze 1
- (B) 1 a 2
- (C) 2 a 3
- (D) 1, 2 a 3
- (E) žádná ze sil. (Protože se židle nepohybuje, nepůsobí na ni žádné síly.)

30. Přestože fouká silný vítr, podaří se tenistce trefit míček a přehrát jej přes síť na soupeřovu část hřiště. Vezměte v úvahu následující síly:

1. gravitační síla mířící směrem dolů
2. síla úderu do míčku
3. síla, kterou působí vzduch

Které ze sil působí na tenisový míček poté, co ztratí kontakt s raketou a než dopadne na zem?

- (A) pouze 1
- (B) 1 a 2
- (C) 1 a 3
- (D) 2 a 3
- (E) 1, 2 a 3