Mechanika

Asi jste si všimli, že úlohy v mechanice, se kterými jste se doposud setkali, se dají řešit různými postupy, resp. podle použitého postupu se dají úlohy rozdělit na několik skupin. Obecně můžeme odlišit dva rozdílné přístupy k řešení úloh. Prvním je řešení pomocí pohybové rovnice, kdy pracujeme s časovými závislostmi jednotlivých veličin, jako je poloha, rychlost a zrychlení. Druhá možnost spočívá v zaměření se na veličiny, které se při pohybu zachovávají – tj. použití zákonů zachování hybnosti a mechanické energie. V tomto přístupu se nezabýváme vývojem v čase. Někde lze dokonce úlohu řešit pomocí obou přístupů nebo je potřeba tyto přístupy zkombinovat. Který přístup lze použít k vyřešení úlohy nebo je pomocí něho řešení jednodušší, záleží na tom, co je v úloze zadané a co je třeba nalézt.

Zadání:

Níže je uvedeno 6 možností označených písmeny A-F, které obsahují jeden nebo více základních fyzikálních principů. Pod nimi naleznete 10 úloh, jež lze pomocí některých těchto fyzikálních principů vyřešit. Vaším úkolem je vybrat ke každé úloze právě jednu z možností A-F tak, aby byla pomocí daného fyzikálního principu vyřešena co možná nejefektivnějším způsobem.

Zadané úlohy nemusíte řešit až do získání výsledku.

Fyzikální principy:

A) Newtonovy zákony, pohybová rovnice
B) Zákon zachování mechanické energie
C) Zákon zachování hybnosti
D) Použití dvou fyzikálních principů: zákon zachování hybnosti – zákon zachování mechanické energie
E) Použití dvou fyzikálních principů: zákon zachování mechanické energie – Newtonovy zákony
F) Použití dvou fyzikálních principů: zákon zachování hybnosti – Newtonovy zákony

Úlohy:

1. Kulička o hmotnosti 20 g byla vržena svisle dolů z výšky 70 cm nad deskou stolu počáteční rychlostí 2 m s^{-1}. Do jaké výšky by vyskočila po odrazu od stolu, kdyby kulička i deska stolu byly dokonale pružné? Tíhové zrychlení je 10 m s^{-2}.

   Použitý princip: **B**

   Poznámka: Po kompletním vyřešení úlohy bychom zjistili, že kulička by vyskočila do výšky větší než počáteční výška 70 cm. Tento výsledek je možné se žáky prodiskutovat.
   Výsledek: 0,9 m

2. Výtahová kabina má hmotnost 250 kg, nosnost výtahu je 5 lidí (400 kg). Hmotnost protizávaží je volena tak, aby vyrovnávala poloviční nosnost výtahu. Jakou silou udržuje motor kabinu výtahu v rovnoměrném pohybu, jestliže výtah jede prázdný nahoru?

Použitý princip: **A**

Poznámka 1: Pokud se kabina výtahu pohybuje rovnoměrným pohybem, musí být výsledná síla, která na ni působí, nulová (jedná se o 1. Newtonův zákon). Aby byla tato podmínka splněna, záleží nejen na velikosti síly motoru výtahu, ale i na jejím směru.
Poznámka 2: Věta, ve které se říká, že hmotnost protizávaží vyrovnává poloviční nosnost výtahu, je myšlena tak, že protizávaží vyrovnává zároveň i hmotnost kabiny, tj. jeho hmotnost je 450 kg. To znamená, že prázdný výtah jedoucí směrem nahoru musí „brzdit". Tato věta ale může být pochopena i tak, že hmotnost protizávaží je rovna jedné polovině nosnosti výtahu. Protizávaží by pak mělo hmotnost 200 kg. Na principu, kterým se úloha řeší, však tato interpretace nic nemění.
Výsledek: 2000 N

3. Těleso o hmotnosti 0,5 kg se pohybuje po dokonale hladké vodorovné rovině rychlostí 6 m s^{-1}. Do tělesa vnikla střela o hmotnosti 0,01 kg, která se pohybovala kolmo ke směru pohybu tělesa rychlostí 600 m s^{-1}. Určete výslednou rychlost tělesa po vniknutí střely a úhel, který svírá směr této rychlosti se směrem původní rychlosti.

Použitý princip: **C**

Poznámka: Při řešení úlohy nelze použít zákon zachování mechanické energie, protože se jedná o nepružnou srážku. Po srážce se obě tělesa spojí dohromady a část původní energie obou těles se použije k tomu, aby se střela „zavrtala" do tělesa (jedná se o nevratnou deformaci). Tento fakt doporučujeme se studenty prodiskutovat. Lze také vypočítat změnu vnitřní energie soustavy obou těles.
Výsledek: 13 m s^{-1}, 63°, (vnitřní energie soustavy se zvýší o 1,8 kJ)

4. Vozík o hmotnosti 250 kg jede po vodorovných kolejích rychlostí 2,4 m s^{-1} a srazí se s vozíkem o hmotnosti 500 kg, který jede rychlostí 1,8 m s^{-1}. Při srážce se oba vozíky spolu spojí a dále se pohybují společně. Vypočtěte úbytek mechanické energie vozíků při srážce, jestliže vozíky před srážkou jedou za sebou.

Použitý princip: **C**

Výsledek: 30 J

5. Chlapci Tomáš a Petr sáňkovali na kopci. Sáňky i s nimi měly hmotnost 87 kg. Aby jeli co nejrychleji, vždy se nahoře rozběhli, naskočili na sáňky a jeli dolů. Počáteční rychlost sáněk s oběma chlapci je 7 km h^{-1}. Kopec je vysoký 15 m. Jak velkou rychlost mají sáňky s chlapci na úpatí kopce? Předpokládejte, že chlapci nebrzdí nohama a že tření sáněk při pohybu po svahu lze zanedbat. Odpor vzduchu rovněž neuvažujte.

Použitý princip: **B**

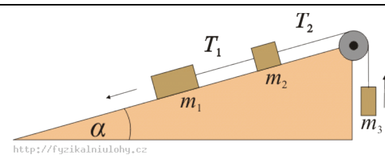
Výsledek: 61 km h^{-1} (17 m s^{-1})

6. Chlapec táhne sáňky vzhůru po zasněženém svahu se stoupáním β za provázek, který svírá s rovinou svahu úhel α. Najděte takovou velikost úhlu α, při kterém bude síla vynaložená na tažení saní nejmenší. Koeficient smykového tření mezi saněmi a sněhem je f = 0,1 a rychlost saní zůstává stálá.

Použitý princip: **A**

Poznámka 1: Sáňky se pohybují rovnoměrným přímočarým pohybem, a proto je výsledná síla působící na saně nulová.
Poznámka 2: Pro určení úhlu α, při kterém bude síla vynaložená na tažení saní nejmenší, je nutná znalost diferenciálního počtu.
Výsledek: 5° 43‘

7. Vyobrazená soustava klouže dolů po nakloněné rovině. Určete velikost zrychlení soustavy a velikosti tahových sil provázků T_1, T_2. Koeficient smykového tření mezi bloky a nakloněnou rovinou je f. Moment setrvačnosti kladky a hmotnost provázku zanedbejte.



Použitý princip: **A**

8. Loupežník Zlomený Zub opouští svoje sídlo v koruně stromu pomocí lana na pevné kladce. Jeho tělo vyvažuje zavěšený kámen. Jakou rychlostí dopadne Zlomený Zub na zem? Loupežník má hmotnost 75 kg. Spouští se z výšky 8,0 m. Kámen má hmotnost 65 kg, na počátku je na nataženém laně právě na zemi.

Použitý princip: **B**

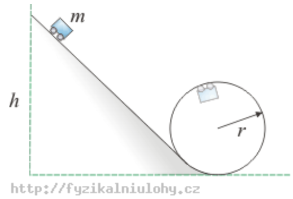
Poznámka: Úlohu lze počítat i pomocí 2. Newtonova zákona (viz další úloha), pomocí kterého určíme zrychlení a z něho vypočítáme rychlost. Jedná se ale o výrazně komplikovanější postup.
Výsledek: 3,4 m s^{-1}

9. Loupežník Zlomený Zub opouští svoje sídlo v koruně stromu pomocí lana na pevné kladce. Tělo mu přitom vyvažuje zavěšený kámen. Loupežník má hmotnost 75 kg. Spouští se z výšky 8,0 m. Kámen má hmotnost 65 kg, na počátku je na nataženém laně právě na zemi. Hmotnost lana můžete zanedbat. S jakým zrychlením klesá Zlomený Zub k zemi?

Použitý princip: **A**

Poznámka: Úlohu lze počítat i pomocí zákona zachování energie (viz předchozí úloha) – určíme rychlost při dopadu na zem a z této rychlosti zrychlení. Výpočet je ale výrazně komplikovanější.
Výsledek: 0,70 m s^{-2}

10. Malý vozík o hmotnosti m sjíždí bez prokluzování po nakloněné dráze zakončené válcovou plochou o poloměru r. Z jaké výšky h musí vozík sjíždět, aby projel celou kruhovou smyčku této válcové plochy? Moment setrvačnosti a valivý odpor koleček zanedbejte.



Použitý princip: **E** (případně **B**)

Poznámka 1: Aby vozík projel celou dráhu, musí mít v nejvyšším bodě smyčky nenulovou rychlost. K tomu, abychom zjistili minimální hodnotu této rychlosti (resp. zrychlení), použijeme 2. Newtonův zákon. Podmínka pro udržení se v nejvyšším bodě smyčky má tvar $F_G = F_d$. Tedy, velikost tíhové síly se musí rovnat velikosti dostředivé síly, která působí na vozík. Toto je limitní případ, při kterém vozík ještě nevypadne z dráhy.
Poznámka 2: Použití Newtonových zákonů v této úloze je nezvyklé. (Vozík se pohybuje po zakřivené dráze a v nejvyšším bodě smyčky počítáme s normálovým zrychlením vozíku a ne s tečným, které je pro žáky běžnější.) Z tohoto důvodu nemusí žáci tuto část řešení považovat za aplikaci Newtonových zákonů, a proto i odpověď **B** může být přijata za správnou.

Použitá literatura s označením úloh ve zdrojích:

BARTUŠKA, K. *Sbírka řešených úloh z fyziky pro střední školy I.* 2.vyd. Praha: Prometheus, 1997. ISBN: 80-7196-236-8.

- úlohy: **1** (č. 111), **3** (č. 109)

BEDNAŘÍK, M., ŠIROKÁ, M. *Fyzika pro gymnázia – Mechanika*. 4. vyd. Praha: Prometheus, 2010. ISBN: 978-80-7196-382-0.

- úlohy: **4** (teoretická cvičení 7, úloha 5)

KOUPILOVÁ, Z. *Sbírka řešených úloh z fyziky* [online]. [cit. 21. 11. 2013] Dostupné z: http://fyzikalniulohy.cz

- úlohy: **5** (č. 217), **6** (č. 139), **7** (č. 96), **10** (č. 148)

NAHODIL, J. *Sbírka úloh z fyziky kolem nás pro střední školy*. Praha: Prometheus, 2011. ISBN: 978-80-7196-409-4.

- úlohy: **2** (č. 2.41), **8** (č. 3.27), **9** (č. 2.45)