

Úlohy 1. kola 53. ročníku fyzikální olympiády. Kategorie D

Ve všech úlohách počítejte s tíhovým zrychlením $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. Posunování

Posunovací lokomotiva se na nádraží rozjížděla z klidu rovnoměrně zrychleným pohybem a za dobu 8,0 s urazila dráhu 24 m. Za dalších 5,0 s se velikost její rychlosti rovnoměrně zvětšila o $2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Po rovnoměrném pohybu trvajícím 20 s začala brzdit se stálým zrychlením $0,50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ až do úplného zastavení.

- Určete velikosti a_1 , a_2 zrychlení na prvním a druhém úseku.
- Sestrojte graf závislosti rychlosti na čase během celého pohybu.
- Z grafu určete celkovou uraženou dráhu a vypočtete průměrnou rychlost lokomotivy.

2. Skateboard ve vlaku

Vlak se pohybuje po vodorovných přímých kolejích rychlostí o velikosti $v_1 = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Přesně ve středu jednoho z vagónů, ve vzdálenosti $d = 8,0 \text{ m}$ od přední i zadní stěny, stojí chlapec na skateboardu. Podélná osa skateboardu je rovnoběžná se směrem kolejí, celková hmotnost chlapce se skateboardem je $m = 48 \text{ kg}$. V určitém okamžiku začne vlak zrychlovat se zrychlením o velikosti $a = 0,75 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Proti pohybu skateboardu působí síla valivého odporu o velikosti $F_v = \frac{1}{30}mg$.

- Určete velikost a směr setrvačné síly působící na chlapce se skateboardem během zrychlování vlaku.
- Určete velikost a' zrychlení chlapce vzhledem k vagónu.
- Určete dráhu s vagónu během pohybu chlapce ve vagónu.
- Určete bezprostředně před nárazem chlapce na stěnu vagónu velikost v' vzájemné rychlosti chlapce a vagónu.
- Určete velikost a_{\max} maximálního zrychlení vlaku, při němž by se chlapec na skateboardu nerozjel.

3. Srážka vagónů

Po přímých vodorovných kolejích jedou proti sobě dva vagóny, oba mají stejnou kinetickou energii. První má hmotnost $m_1 = 18 \text{ t}$ a velikost rychlosti $v_1 = 2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, druhý má hmotnost $m_2 = 32 \text{ t}$. Po srážce se vagóny automaticky spojí.

- Určete velikost v_2 rychlosti druhého vagónu.
- Určete směr pohybu soupravy po srážce a velikost v rychlosti.

- c) Určete poměr $\frac{E'_k}{E_k}$, kde E'_k je kinetická energie soupravy po srážce a E_k celková kinetická energie obou vagónů před srážkou.

Řešte nejprve obecně, pak pro dané hodnoty.

4. Zvedání řetězu

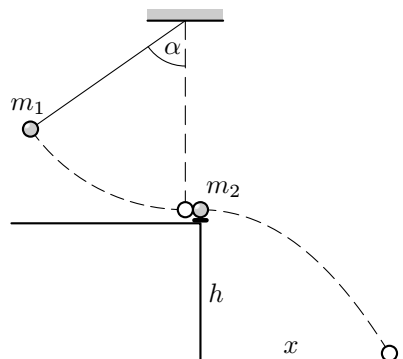
Na zemi u zdi domu ležel řetěz délky $l = 20$ m o hmotnosti $m = 30$ kg. Krajní část řetězu délky $l_1 = 6$ m byla zamotána do uzlu. Celý řetěz bylo třeba dopravit na plochu střechu domu ve výšce $h = 12$ m nad zemí. Adam spustil ze střechy provázek, jeho kamarád přivázal na provázek volný konec řetězu. Adam pak celý řetěz rovnoměrným pohybem za čas $t = 65$ s vytáhl nahoru.

- Sestrojte graf závislosti velikosti síly na dráze, po které Adam působil.
- Pomocí obsahu plochy pod grafem vypočítejte práci W , kterou Adam vytáháním řetězu vykonal, a porovnejte ji s potenciální energií E_p řetězu na střeše.
- Určete průměrný výkon P Adama při vytahování řetězu a velikost v rychlosti pohybu řetězu vzhůru.

Při řešení zanedbejte sílu, která souvisí s uvedením uzlu a jednotlivých článků řetězu do pohybu a s jejich zastavením.

5. Srážka kuliček

Kulička o hmotnosti m_1 zavěšená na tenkém vlákně délky l se dotýká druhé kuličky o hmotnosti m_2 položené na kraji stolu ve výšce h nad podlahou (obr. 1). První kuličku vychýlíme při napnutém vlákně o úhel α a pustíme. Při dosažení nejnižší polohy narazí do druhé kuličky, přičemž srážku považujeme za středovou a dokonale pružnou.



Obr. 1

- Jaký úhel β svírá vlákno se svislým směrem v okamžiku, kdy první kulička dosáhne po srážce své nejvyšší polohy?
- V jaké vodorovné vzdálenosti x od okraje stolu dopadne druhá kulička na podlahu?

Úlohu řešte obecně a potom pro hodnoty: $h = 90$ cm, $l = 80$ cm, $\alpha = 60^\circ$ a pro tři různé poměry hmotností $m_1/m_2 = 2; 1; 1/2$.

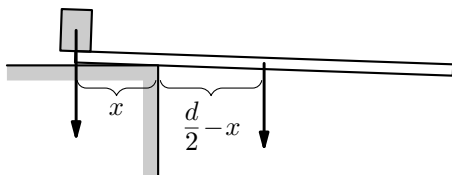
6. Praktická úloha: Měření hmotnosti

Teorie: Tyč obdélníkového průřezu o hmotnosti m_0 , na jejíž jeden konec položíme závaží o hmotnosti m_z , vysuneme co nejvíce přes hranu stolu tak, aby se ještě nepřevrátila. Závaží můžeme mít nad stolem (obr. 2a) nebo mimo stůl (obr. 2b). Ze známé hmotnosti m_z závaží, známé vzdálenosti x a známé délky d tyče lze vypočítat hmotnost tyče ze vztahu

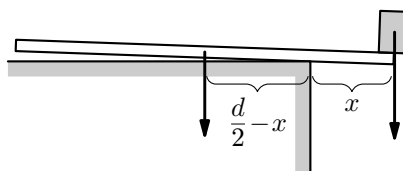
$$m_0 = \frac{2x}{d-2x}m_z. \quad (1)$$

Nahradíme-li závaží tělesem o neznámé hmotnosti m , pak ze známé hmotnosti m_0 tyče, známé vzdálenosti x a známé délky d tyče lze vypočítat hmotnost tělesa ze vztahu

$$m = \frac{d-2x}{2x}m_0. \quad (2)$$



Obr. 2a



Obr. 2b

Úkol: Změřte popsanou metodou hmotnost tyče a hmotnosti aspoň dvou těles.

Pomůcky: tyč délky aspoň 1 m, délkové měřidlo (např. svinovací metr), sada závaží, tělesa neznámé hmotnosti, technické váhy.

Postup:

- Odvoďte vztahy (1) a (2).
- Změřte délku d tyče. Na konce tyče je možné přilepit kousek kartonu zanedbatelné hmotnosti s malým přesahem, aby těžiště závaží, resp. tělesa, bylo umístěno nad příčnou hranou tyče. Poté položte tyč na vodorovnou desku stolu kolmo k ostré hraně desky, umístěte na levý konec tyče závaží známé hmotnosti a posunováním tyče přes hranu desky tyč vyvažte. Do tabulky запиšte hmotnost m_z závaží a příslušnou vzdálenost x . Podle vzorce (1) pak vypočtete hmotnost m_0 tyče. Totéž proveďte se stejným závažím umístěným na opačném konci tyče. Měření proveďte se třemi dalšími závažími, která střídavě umísťujete na levý a pravý konec tyče. Poté vypočtete průměrnou hmotnost tyče. Hmotnosti závaží v tabulce jsou pouze orientační, volte si je sami podle okolností.
- Popsaným postupem zjistěte hmotnost aspoň dvou různých těles. Použijte vzorec (2), v němž m_0 je hmotnost tyče určená předchozím měřením. Výsledky запиšte do tabulky a vypočtete aritmetický průměr.

- d) Hmotnosti tyče a těles určete též na technických vahách a výsledky porovnejte s výsledky provedené metody.

Číslo měření	$\frac{m_z}{g}$	$\frac{x}{cm}$	$\frac{m_0}{g}$
1	500		
2	500		
3	200		
4	200		
5	100		
6	100		
7	50		
8	50		
Hmotnost tyče (aritmetický průměr)			

Číslo měření	$\frac{m_0}{g}$	$\frac{x}{cm}$	$\frac{m}{g}$
1			
2			
Hmotnost 1. tělesa (aritmetický průměr)			

Číslo měření	$\frac{m_0}{g}$	$\frac{x}{cm}$	$\frac{m}{g}$
1			
2			
Hmotnost 2. tělesa (aritmetický průměr)			

7. Jízda na kolotoči

Kolotoč tvoří vodorovná kruhová deska s upevněnými modely zvířat se sedačkami. Na kolotoči se točí dva kamarádi, Tomáš a Jan. Tomáš sedí na koni ve vzdálenosti $r_1 = 3,2$ m od osy otáčení, Jan na velbloudu ve vzdálenosti $r_2 = 2,4$ m od osy otáčení. Kolotoč se otáčí rovnoměrně, doba jedné otáčky je $T = 7,0$ s.

- Určete obvodové rychlosti v_1, v_2 a úhlové rychlosti ω_1, ω_2 Tomáše a Jana.
- Během zastavování rovnoměrně zpomaleným pohybem kolotoč vykonal přesně 2,5 otáčky. Určete dobu t_0 , za kterou se kolotoč zastavil.
- Určete velikosti a_{d1}, a_{d2} dostředivých zrychlení Tomáše a Jana během rovnoměrného otáčivého pohybu a velikosti a_1, a_2 jejich tečných zrychlení během zastavování.

Řešte nejprve obecně, pak pro dané hodnoty.