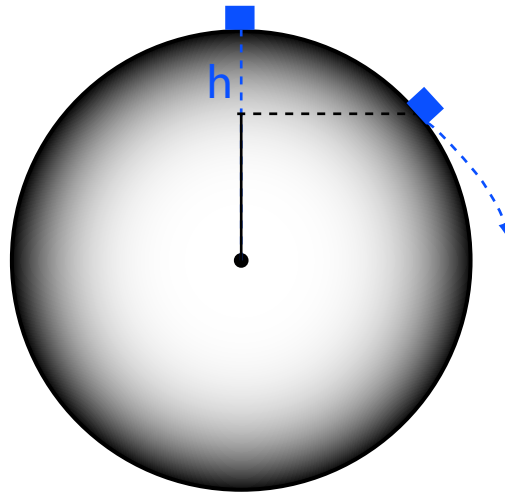


# Sbírka pro předmět Středoškolská fyzika v příkladech 1 a 2

## Mechanika: rotační pohyb – zadání

- ★ Jaká horizontální rychlost by musela být udělena střele, aby obletěla Zemi paralelně s jejím povrchem, kdyby nebylo odporu vzduchu? S jakou periodou by obíhala Zemi?  $[v = \sqrt{gR} = 7900 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}, T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}} = 1,4 \text{ h}]$
- ★ Malé těleso klouže s vrchu koule dolů (viz obrázek 1). V jaké výšce  $h$  od vrcholu koule se těleso oddělí od koule a bude volně padat? Tření je zanedbatelné.  $[h = \frac{1}{3}R]$

Obrázek 1:

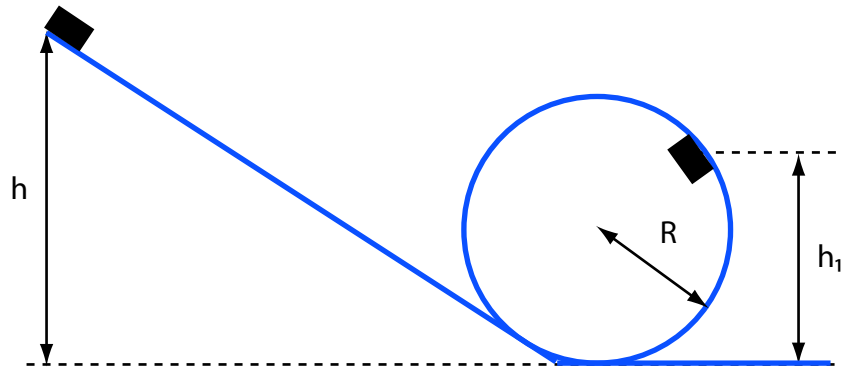


- ★ Malé těleso klouže po nakloněné rovině, která na konci přechází ve válcovou plochu o poloměru  $R$  (viz obrázek 2).

(a) Do jaké výšky  $h_1$  při tom vystoupí, jestliže klouže z výšky  $h$ ? Tření je zanedbatelně malé.  $[h_1 = h]$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obrázek 2:

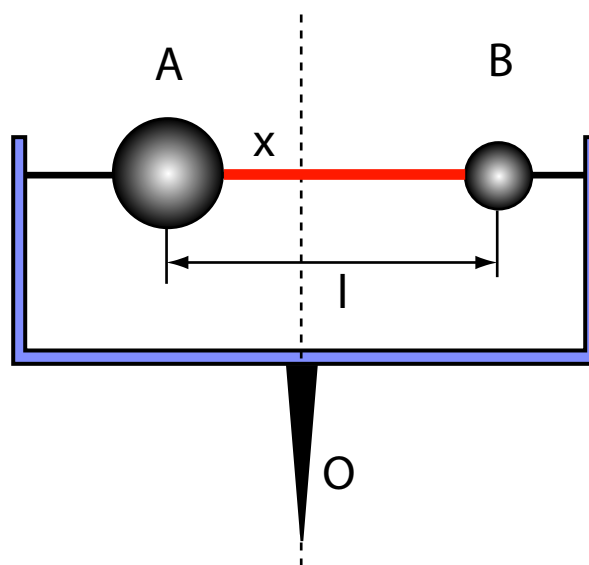


(b) Jaká musí být výška  $h$ , aby těleso udělalo celou obrátku a nespadlo přitom?

$$[h = \frac{5}{2}R]$$

4. Na obrázku 3 je znázorněno zařízení, kterým se objasňuje závislost odstředivé síly na vzdálenosti od osy otáčení. Koule A má průměr 3 cm, koule B 2 cm. Šňůra,

Obrázek 3:



která je spojuje, je dlouhá 10,5 cm. V jaké vzdálenosti  $x$  od osy  $O$  musí být umístěn střed koule A, aby se při otáčení udržely koule na místě? Koule jsou vyrobeny ze stejného materiálu. Objem otvorů, které jsou vyvrtány v koulích, je možné zanedbat.

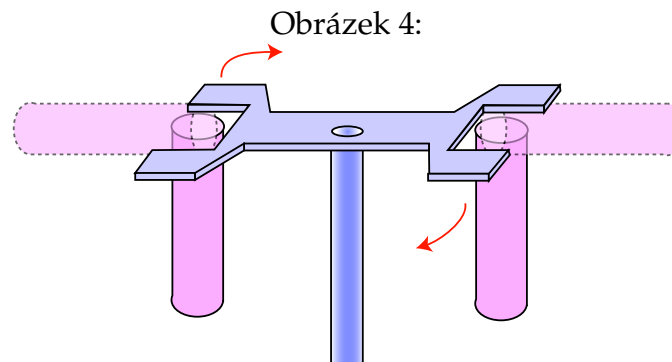
$$[x = l \frac{R_B^3}{R_A^3 + R_B^3} = 2,4 \text{ cm.}]$$

5. \*\* Spojíme-li konce kovového řetízku navzájem, přivážeme-li řetízek na šňůru a odstředivkou roztočíme šňůru, potom řetízek nabude přibližně tvaru kružnice, která je v rovině kolmé k ose rotace.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Jestliže považujeme tvar řetízku za horizontální kružnici, máme určit sílu  $F$ , napínající řetízek, je-li jeho hmotnost  $m = 100 \text{ g}$ , délka  $l = 75 \text{ cm}$  a koná-li řetízek  $n = 8 \text{ ot.s}^{-1}$ .  $[F_{\text{cod}} = m \cdot n^2 \cdot 2\pi \cdot l = 30 \text{ N}]$

6. Z kruhového kotouče poloměru  $r$  je vyříznut kruh s polovičním poloměrem, jehož střed půlí poloměr kotouče. Určete polohu těžiště zbylého měsíčku.  $[x = \frac{r}{6}]$
7. Na delším rameni  $l_1 = 50 \text{ cm}$  jednozvrtné páky působí síla  $F_1 = 60 \text{ N}$ . Na kratším rameni  $l_2 = 25 \text{ cm}$  působí břemeno  $F_2 = 108 \text{ N}$ . Vypočtete účinnost páky.  $[\eta = 0,9]$
8. Na rameni  $l_1 = 45 \text{ cm}$  dvojjzvrtné páky působí síla  $F_1 = 100 \text{ N}$ . Na rameni délky  $l_2 = 25 \text{ cm}$  působí břemeno. Určete velikost břemene, je-li páka v rovnoměrném otáčivém pohybu a je-li její účinnost  $\eta = 0,8$ .  $[F'_2 = 144 \text{ N}]$
9. Kladkostroj s  $n = 6$  kladkami má účinnost  $\eta = 0,7$ . Jak velké břemeno  $F'_2$  může na tomto kladkostroji zvedat rovnoměrným pohybem síla  $F_1 = 30 \text{ N}$ ?  $[F'_2 = 126 \text{ N}]$
10. Kolo na hřídeli má účinnost  $\eta = 0,7$ . Síla  $F_1 = 40 \text{ N}$  zvedá tímto kolem rovnoměrně břemeno  $F'_2 = 150 \text{ N}$ . V jakém poměru je poloměr válce  $r$  k poloměru kola  $R$ ?  $[\frac{r}{R} = \frac{1}{5}]$
11. \* Na obrázku 4 je schématicky znázorněna odstředivka. Když byla odstředivka



v klidu, byla do jejich zkumavek nalita kapalina hustoty  $1,1 \text{ g.cm}^{-3}$  do výše  $6 \text{ cm}$  ode dna. Při otáčení odstředivky se zkumavky vychýlí skoro do vodorovné polohy. Určete tlak kapaliny na dno zkumavky, jestliže se odstředivka otáčí s frekvencí  $20 \text{ ot.s}^{-1}$  a jestliže dno zkumavek se pohybuje ve vzdálenosti  $10 \text{ cm}$  od osy otáčení.  $[p = \rho \cdot h \cdot \sqrt{g^2 + \omega^4 l^2} = 417 \text{ kPa}]$

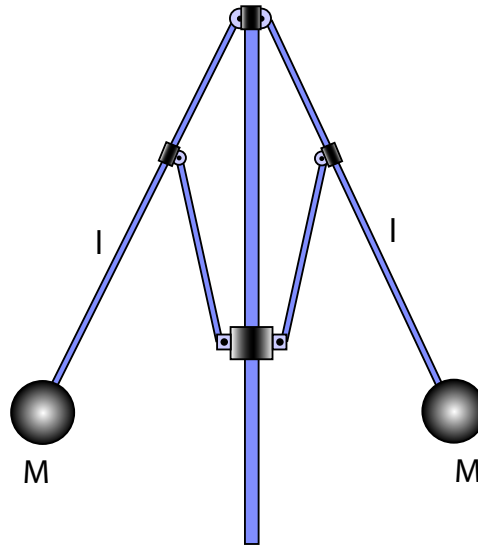
12. \* Závaží o hmotnosti  $m$  je zavěšeno na niti délky  $l$  a kývá s výchylkou  $\alpha$ .
  - (a) Najděte sílu  $F$ , která napíná nit v krajních polohách a v poloze rovnovážné.  $[T_{\alpha=\alpha_0} = mg \cos \alpha_0, T_{\alpha=0} = mg(3 - 2 \cos \alpha_0)]$
  - (b) Při jakém úhlu  $\alpha_0$  je síla napínající nit v rovnovážné poloze dvojnásobkem tíhy závaží?  $[\alpha = 60^\circ]$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

(c) Při jakém úhlu  $\alpha$  je celkové zrychlení závaží v krajní poloze rovno celkovému zrychlení v rovnovážné poloze? [ $\alpha_0 = 53,1^\circ$ ]

13. Model centrifugálního regulátoru (viz obrázek 5) se otáčí s frekvencí 3 obrátky za sekundu. O jaký úhel se při tom odkloní tyče, které nesou koule o hmotnos-

Obrázek 5:



tech  $M$ ? Délka tyčí je  $l = 14$  cm. Hmotnost všech částí, kromě koulí, zanedbejte.

$$[\cos \alpha = \frac{g}{4\pi^2 f^2 l} = 0,2]$$

14. (a) Jakou maximální rychlostí může jet po vodorovné dráze motocyklista, jestliže opisuje oblouk o poloměru  $R = 90$  m a je-li koeficient tření gumy o zem  $\mu = 0,4$ ? [ $v = \sqrt{\mu g R} = 18,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]

(b) O jaký úhel  $\alpha$  se musí při tom odklonit od svislé roviny? [ $\text{tg } \alpha = 0,4 \Rightarrow \alpha = 22^\circ$ ]

15. \* Určete moment setrvačnosti tenké tyče délky  $l$  a hmoty  $m$  vzhledem k těmto osám:

(a) k ose procházející středem tyče a svírající s ní úhel  $\alpha$ ; [ $J = \frac{1}{12} m l^2 \sin^2 \alpha$ ]

(b) k ose rovnoběžné s tyčí, vzdálené od ní o délku  $a$ ; [ $J = m a^2$ ]

(c) k ose kolmé k tyči a vzdálené od jejího středu o délku  $b$ . [ $J = \frac{1}{12} m l^2 + m b^2$ ]

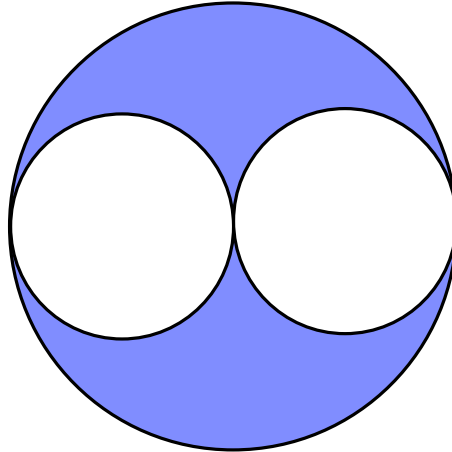
16. \* Určete moment setrvačnosti měděného disku, v němž jsou dva kruhové otvory (viz obrázek 6), vzhledem k ose kolmé na rovinu disku a procházející jeho středem. Tloušťka disku je  $b = 4$  mm a poloměr  $R = 5$  cm.

$$[J_c = \frac{5}{16} \rho \pi b R^4 = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2]$$

17. \* Úhlová rychlost se mění jen v tom případě, když výsledný moment všech sil působících na těleso není roven nule. Má se ukázat, jaké momenty sil působí v těchto případech:

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

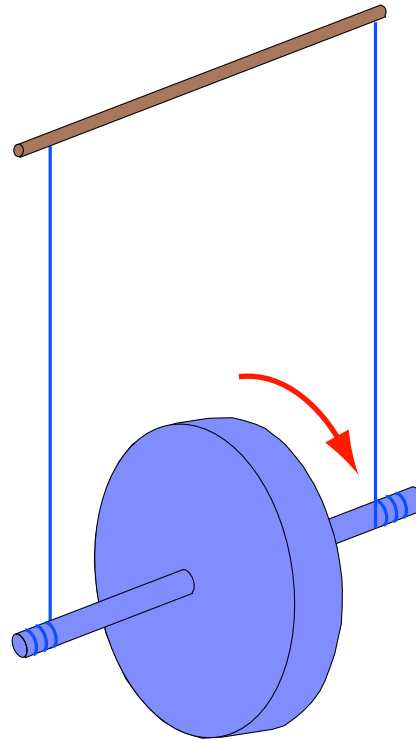
Obrázek 6:



- (a) Kolo železničního vozu zvětšuje při zrychleném pohybu vlaku svoji úhlovou rychlost. [viz obrázek ??]
- (b) Kulička se zpomalně valí pro nakloněné rovině. [viz obrázek ??]
18. ★ Svislý sloup výšky  $h = 5$  m je naříznut u základny a padá na zem.
- (a) Určete postupnou rychlost koncového bodu v okamžiku dopadu na zem.  $[v_K = \sqrt{3gh}]$
- (b) Který bod sloupu bude mít v každém okamžiku padání sloupu stejnou rychlost, jakou by mělo těleso padající ze stejné výšky jako hledaný bod?  $[x = \frac{2}{3}h]$
19. ★★ Masivní kolo nasazené na ose je uvázáno na dvou nitích, které jsou omotány na ose, jak ukazuje obrázek 7. Osa otáčení je vodorovná. Niti se postupně odvinují z osy a kolo klesá dolů.
- (a) Určete sílu  $F$ , která napíná každou nit, je-li hmotnost kola s osou  $m = 1000$  g, moment setrvačnosti soustavy vzhledem k této ose  $J = 25 \cdot 10^3$  g·cm<sup>2</sup> a poloměr osy  $r = 5$  mm.  $[F = \frac{mgJ}{2(mr^2+J)} = 4,95$  N]
- (b) Až se kolo spustí na konec niti, bude se setrvačností otáčet dále, bude navínovat niti na osu a při tom stoupat. Jaká bude síla  $F$  napínající každou nit? [Při výstupu bude síla stejná.]
- (c) Jaká bude síla  $F$  napínající každou nit, jestliže se deska, k níž jsou připevněny niti, bude zvedat tak, aby kolo zůstávalo ve stejné výšce a osa neměnila svou polohu? [Síla bude stejná.]
20. ★ Jak se změní úhlová rychlost tělesa, které se otáčí bez tření kolem nějaké osy, jestliže se teplota zvýší z  $0^\circ$  C na  $t^\circ$  C? Jak se přitom změní kinetická energie tělesa?  $[\omega = \frac{\omega_0}{(1+\alpha t)^2}$ , zmenší se o  $J_0\omega_0^2\alpha t$ ]

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obrázek 7:



21. \* Na otáčející se stoličce, jaké se používá k demonstracím, stojí člověk, který drží v natažených rukou dvě činky ve vzdálenosti  $l_1 = 150 \text{ cm}$  od sebe. Stolička se otáčí s frekvencí  $n_1 = 1 \text{ ot.s}^{-1}$ . Člověk přitáhne činky do vzdálenosti  $l_2 = 80 \text{ cm}$  a počet obrátek se zvětší na  $n_2 = 1.5 \text{ ot.s}^{-1}$ . Určete práci, kterou člověk vykoná, má-li každá činka hmotnost  $m = 2 \text{ kg}$ . Moment setrvačnosti člověka vzhledem k ose stoličky považujte za konstantní.  $[W = 4\pi^2 mn_1 n_2 (l_2^2 - l_1^2)]$
22. \*\* Horizontální disk se otáčí kolem vertikální osy úhlovou rychlostí  $\omega_1$ ; jeho moment setrvačnosti vzhledem k ose otáčení je  $J_1$ . Na něj dopadne druhý disk s momentem setrvačnosti  $J_2$  a s úhlovou rychlostí  $\omega_2$ . Roviny disků jsou rovnoběžné, jejich středy jsou na svislé přímce. K sobě přivrácené roviy disků mají na povrchu výstupky a prohloubeniny takové, že po dopadu druhého disku na první se otáčejí oba disky jako jeden celek.
- (a) Najděte úhlovou rychlost  $\omega$  takto vzniklé soustavy.  $[\omega = \frac{J_1 \omega_1 + J_2 \omega_2}{J_1 + J_2}]$
- (b) O kolik se změní celková kinetická energie obou disků po dopadu druhého disku na první?  $[\frac{1}{2} \frac{J_1 J_2}{J_1 + J_2} (\omega_1 - \omega_2)^2]$
- (c) Jak vysvětlíte změnu celkové kinetické energie obou disků?  $[???)$
23. \* Disk A se otáčí se zanedbatelným třením kolem osy, která prochází jeho středem kolmo k jeho rovině a je připevněna ke stolu. Disku A se dotýkáme diskem B,

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

jehož osu držíme v ruce. Při tom se úhlová rychlost disku A zmenšuje a disku B zvětšuje v opačném směru, při čemž součet jejich momentů hybnosti se zmenšuje. Jak to souhlasí se zákonem zachování momentů hybnosti?

[Musíme uvažovat oba disky zároveň se soustavou těles, s nimiž jsou spojeny jejich osy.]

24. \* Určete

(a) celkovou kinetickou energii válce o hmotnosti  $m$ , který se valí bez klouzání po rovině rychlostí  $v$ .  $[\frac{3}{4}mv^2]$

(b) totéž pro kouli.  $[\frac{7}{10}mv^2]$

(c) celkovou kinetickou energii vozíčku, který má bez koleček hmotnost  $m_1$  a jehož každé kolečko, mající tvar kotouče, má hmotnost  $m_2$ . Vozíček se pohybuje rychlostí  $v$ .  $[\frac{1}{2}v^2(m_1 + 6m_2)]$

25. \* Koule o poloměru  $r$  se valí po nakloněné rovině a opíše looping o poloměru  $R$ . Zanedbávající ztráty energie způsobené valivým třením a odporem vzduchu, vypočítejte nejmenší výšku  $h$  středu koule, ze které je nutno pustit kouli nad středem loopingové smyčky.  $[\frac{17}{10}(R - r)]$

26. \* Požární stříkačka má kovovou proudnici dlouhou  $l = 30$  cm. Z proudnice stříká proud vody pod elevačním úhlem  $\varphi = 45^\circ$ , přičemž se proudnice otočí rovnoměrným pohybem za dobu  $t = 1,5$  s o úhel  $\alpha = 40^\circ$  kolem svislé osy, která prochází jedním koncem proudnice. Vypočítejte otáčivý moment, jestliže stříkačka vystříkala za tuto dobu  $m = 5$  kg vody.  $[M_{Fc} = \frac{\alpha}{t^2}ml^2 \sin^2 \varphi = 0,07 \text{ N}\cdot\text{m}]$

## Literatura a prameny k dalšímu procvičování

- [1] Kolářová Růžena, Salach S., Plazak T., Sanok S., Pralovszký, B., *500 testových úloh z fyziky pro studenty středních škol a uchazeče o studium na vysokých školách*. Prometheus, Praha 2004, 2. vydání.
- [2] Široká Miroslava, Bednařík Milan, Ordelt Svatopluk *Testy ze středoškolské fyziky*. Prometheus, Praha 2004, 2. vydání
- [3] Lepil Oldřich, Široká Miroslava *Sbírka testových úloh k maturitě z fyziky*. Prometheus, Praha 2001, 1. vydání
- [4] Ostrý Metoděj, *Fyzika v úlohách 516 rozřešených příkladů*, Státní pedagogické nakladatelství, Praha 1958
- [5] Гурьев Л. Г., Кортнев А. В., Куценко А. Н., Латьев Б. В., Минкова С. Е., Протопопов Р. В., Рублев Ю. В., Тищенко В. В., Шепетуря М. И., *Сборник задач по общему курсу физики*, Высшая школа, Москва 1966

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

---

- [6] Болькенштейн, В. С., *Сборник задач по общему курсу физики*, Наука, Москва 1967
- [7] Sacharov, D. I., Kosminkov, I. S., *Sbírka úloh z fyziky*, Nakladatelství Československé akademie věd, Praha 1953
- [8] Бендриков Г.А., Бучовцев Б.Б., Керженцев В. В., Мякишев Г.Я., *Задачи по физике для поступающих в вузы*, Наука, Москва 1987
- [9] Koubek Václav, Lepil Oldřich, Pišút Ján, Rakovská Mária, Široký Jaromír, Tománová Eva, *Sbírka úloh z fyziky II.díl pro gymnázia*, Státní pedagogické nakladatelství, Praha 1989
- [10] Ungermann Zdeněk, Simerský Mojmír, Kluvanec Daniel, Volf Ivo, *27. ročník Fyzikální olympiády brožura*, Státní pedagogické nakladatelství, Praha 1991
- [11] Klepl Václav, *Elektrotechnika v příkladech*, Práce, Praha 1962
- [12] Říman Evžen, Slavík Josef B., Šoler Kliment, *Fyzika s příklady a úlohami, příručka pro přípravu na vysokou školu*, Státní nakladatelství technické literatury, Praha 1966
- [13] Bartuška Karel, *Sbírka řešených úloh z fyziky pro střední školy I*, Prometheus, Praha 2007
- [14] Bartuška Karel, *Sbírka řešených úloh z fyziky pro střední školy II*, Prometheus, Praha 2008
- [15] Bartuška Karel, *Sbírka řešených úloh z fyziky pro střední školy III*, Prometheus, Praha 2008
- [16] Bartuška Karel, *Sbírka řešených úloh z fyziky pro střední školy IV*, Prometheus, Praha 2008
- [17] vlastní tvorba