

FYZIKÁLNÍ SEKCE

Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity v Brně

KORESPONDENČNÍ SEMINÁŘ Z FYZIKY
--

5. ročník — 1998/1999

Třetí série úloh
(25 bodů)

Co víme a nevíme o silách tření a odporu prostředí? Spontánní odpověď většiny lidí na tuto otázku by asi zněla: Co bychom o nich ještě mohli nevědět? Vždyť se s nimi setkáváme v přeneseném i doslovném smyslu na každém kroku! Prostřednictvím úloh této série si připomeneme, že se silami tření a odporem prostředí souvisí řada zajímavých fyzikálních problémů, které si v běžném životě možná ani neuvedomujeme.

Úloha č. 1 (4 body)

Vrzání dveří

Každý si už jistě všiml, že špatně namazané dveře při otvírání vržou. Vysvětlete, jak tento nepříjemný zvuk vzniká; rozhodněte a zdůvodněte, zda je lépe otevírat je rychle nebo pomalu, chceme-li, aby vrzaly co nejméně.

Úloha č. 2 (6 bodů)

Pravítko

Homogenní - tj. po celé svojí délce stejné - pravítko je podloženo na koncích ukazováčky, které začneme současně - a pokud možno rovnoměrně - posouvat k sobě (viz obr. 1). Za těchto okolností lidé zpravidla očekávají, že ukazováčky budou pod pravítkem umístěny stále symetricky vzhledem k jeho středu, v němž se nakonec setkají.

- (a) Proveďte tento pokus a popište jeho skutečný průběh.

Poznámka: K experimentování se nejlépe hodí alespoň čtyřiceticentimetrové pravítko (či jiná homogenní tyč). Vše podstatné však lze celkem dobře pozorovat i na pravítku kratším nebo dokonce na tužce.

- (b) Pozorovaný průběh pokusu vysvětlete.

- (c) Vypočtete, v jakých vzdálenostech od středu pravítka se ukazováčky přestávají vzhledem k pravítku pohybovat.

Pro výpočet předpokládejte, že se ukazováčky pohybují velmi pomalu; pravítko má délku L , součinitel klidového tření mezi pravítkem a ukazováčkem je f_o , příslušný součinitel smykového tření je f .



obr. 1: Pravítko

Úloha č. 3 (8 bodů)

Brzděná nabitá částice v magnetickém poli

Částice o hmotnosti m nesoucí elektrický náboj q se pohybuje v odporujícím prostředí. Odporová síla $\mathbf{F}_{\text{odp}}$, která je přímo úměrná její rychlosti $\mathbf{v}$ (tj. $\mathbf{F}_{\text{odp}} = -k\mathbf{v}$), způsobí, že částice opouštějící výchozí bod počáteční rychlostí $\mathbf{v}_0$ se zastaví ve vzdálenosti $d = 5,0 \text{ m}$ od něj. Po přiložení homogenního magnetického pole, jehož indukce $\mathbf{B}$ je kolmá k počáteční rychlosti částice, se její dolet zmenší na hodnotu $d_B = 3,0 \text{ m}$. V jaké vzdálenosti d_{2B} od místa, z něhož vyletěla, se částice zastaví, bude-li magnetické pole dvojnásobné?

Poznámka: Magnetické pole působí na pohybující se nabitě částice tzv. Lorentzovou silou $\mathbf{F}_{\text{mag}} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$, kde q je náboj a $\mathbf{v}$ rychlost částice, $\mathbf{B}$ je vektor magnetické indukce.

Nápověda: Rozmyslete, v jakém vztahu je změna rychlosti $\Delta\mathbf{v}$ a změna polohového vektoru $\Delta\mathbf{r}$ částice za nějaký velmi krátký čas Δt a co z toho plyne pro celkové změny těchto veličin. Podrobněji:

- Ukažte, že vektor rychlosti bude stále kolmý k magnetické indukci.
- Vyjádřete vektor posunutí $\Delta\mathbf{r}$ a vektor změny rychlosti $\Delta\mathbf{v}$ za velmi krátký časový interval Δt v závislosti na rychlosti.
- Určete poměr velikostí vektorů $\Delta\mathbf{r}$ a $\Delta\mathbf{v}$.
- Vyjádřete zrychlení částice pomocí její rychlosti a užitím skalárního součinu ukažte, že svírá s rychlostí stále stejný úhel.

Úloha č. 4 (7 bodů)

Problém opatrného motoristy

Řidič automobilu nacházejícího se v místě A na ledové ploše a jedoucího rychlostí $v = 30 \text{ km/h}$ chce co nejdříve dojet do místa B , vzdáleného $x = 400 \text{ m}$ ve směru kolmém ke směru jeho počáteční rychlosti (viz obr. 2). V obavě ze smyku je však ochoten pohybovat se se zrychlením o velikosti nejvýše $a = 0,6 \text{ m/s}^2$. Jakým způsobem a za jaký čas může nejdříve dojet do místa B ?

Jak by měl vypadat optimální způsob řízení v případě, že řidič bude chtít dojet do místa C vzdáleného o $y = 150 \text{ m}$ od bodu B v protisměru? Nalezněte rovnici pro nejkratší čas v tomto případě.

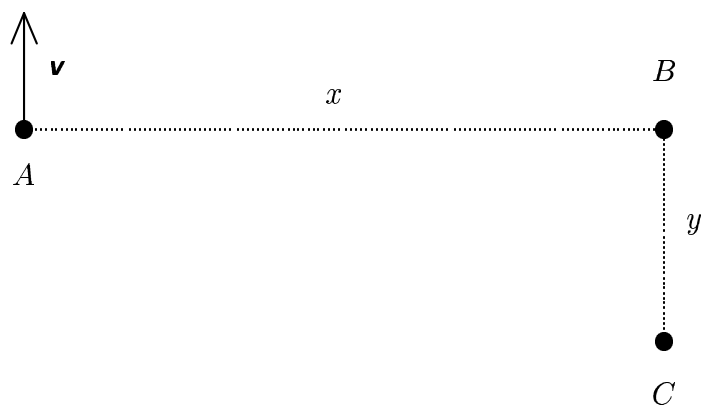
Nápověda: Zvažte, zda by pro řešení úlohy nebylo vhodné užít jinou inerciální vztažnou soustavu než soustavu spojenou se zemí.

Úloha č. 5 — prémiová

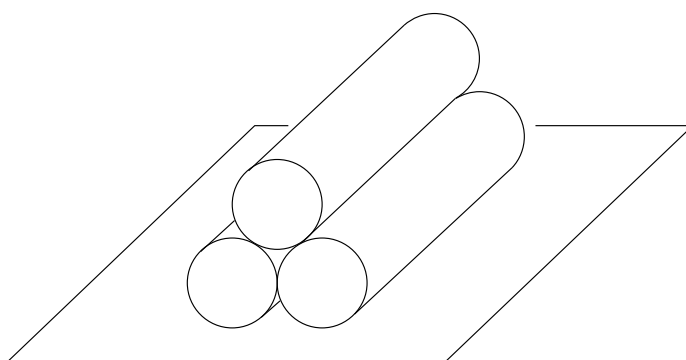
Tři válce

Tři stejné dokonale tuhé homogenní válce chceme postavit do pyramidy podle obr. 3 na dokonale tuhous vodorovnou podložku. Jak velké musí být součinitele klidového tření mezi válci f_V a mezi válcem a podložkou f_P , aby se nám to mohlo podařit?

Nápověda: Rozmyslete, jaké důsledky pro vzájemné silové působení má dokonalá tuhost všech objektů.



obr. 2: Problém opatrného motoristy



obr. 3: Tři válce