Ústřední výbor fyzikální olympiády České republiky
Nám. Svobody, 501 91 Hradec Králové

Úlohy celostátního kola 37. ročníku FO

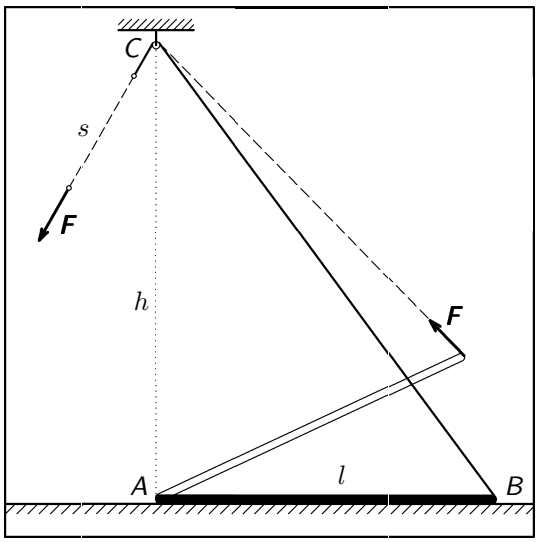
1. Homogenní tyč AB délky l a hmotnosti m leží na podlaze. V bodě C, který se nachází ve výšce $h > l$ nad koncem A je umístěna pevná kladka, přes kterou je napnuto lanko připevněné ke konci B. Tahovou silou působící stálým směrem na konec lanka pomalu postavíme tyč do svislé polohy (obr. 1).

a) Jak velký musí být součinitel f smykového tření mezi koncem A a podlahou, aby během zvedání konec A zůstal na místě a nesklouzl po podlaze?

b) Jak bude v takovémto případě záviset velikost tahové síly lanka na dráze, kterou proběhne konec lanka? Sestrojte graf této závislosti.

c) Z grafu síly určete práci, kterou během zvedání tyče vykonala tahová síla a ověřte, že je stejná jako polohová energie postavené tyče. (Polohovou energii ležící tyče považujeme za nulovou.)

Řešte nejprve obecně, potom pro hodnoty $l = 3{,}0$ m, $h = 4{,}0$ m, $m = 20{,}0$ kg, tíhové zrychlení $g = 10{,}0$ m·s^{-2}.
Tloušťku tyče, průměr kladky a tření v kladce zanedbáváme.



obr. 1

2. Malá kovová kulička o hmotnosti m je zavěšena na tenkém hedvábném vlákně délky l tak, aby se právě dotýkala svislé kovové desky. Kuličku vychýlíme o úhel α a uvolníme. Po odrazu od desky se kulička vychýlí o úhel $\beta < \alpha$ (obr. 2a).

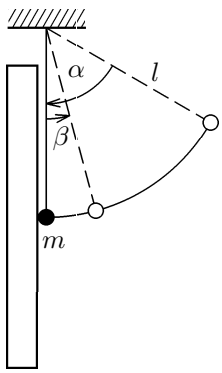
Při druhém pokusu umístíme do vzdálenosti d od první desky druhou stejně velkou desku. Vzdálenost desek volíme několikrát větší než průměr kuličky. Závěs kuličky prodloužíme, aby byl mnohem delší než vzdálenost desek, a bod upevnění závěsu umístíme tak, aby rovnovážná poloha kuličky ležela uprostřed mezi deskami. Připojíme-li desky ke zdroji vysokého napětí a závěs vychýlíme, kulička se rozkmitá a naráží střídavě na levou a pravou desku (obr. 2b). Perioda nárazů (t.j. doba letu z pravé desky na levou nebo z levé na pravou) se brzy ustálí na hodnotě T.

a) Z hodnot naměřených při prvním pokusu určete poměr $K = v_2/v_1$, kde v_1 je velikost rychlosti při dopadu kuličky na desku a v_2 je velikost rychlosti těsně po odrazu od desky.

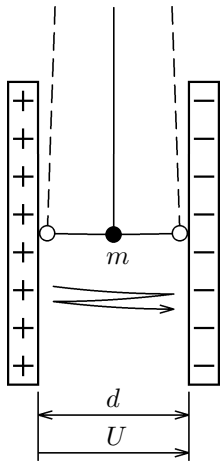
b) Jak se mění při druhém pokusu rychlost kuličky mezi dvěma po sobě následujícími nárazy na desky? Určete velikost v_0 počáteční rychlosti a velikost v konečné rychlosti jednoho průletu.

c) Jaký náboj Q nese kulička během letu mezi deskami?

Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty $m = 3{,}0$ g, $l = 30$ cm, $\alpha = 60°$, $\beta = 15°$, $d = 5{,}0$ cm, $U = 2{,}00 \cdot 10^4$ V, $T = 0{,}45$ s. Průměr kuličky a odpor vzduchu zanedbáváme.



Obr. 2a



Obr. 2b

3. K síťovému transformátoru, jehož svorkové napětí má efektivní hodnotu U a jehož vnitřní odpor je zanedbatelný, připojíme cívku. Obvodem prochází proud o efektivní hodnotě I. Zařadíme-li do série s cívkou rezistor o odporu R_1, zmenší se efektivní hodnota proudu na I_1.

a) Určete indukčnost L ideální cívky a rezistanci R ideálního rezistoru, jejichž sériovým spojením bychom mohli danou reálnou cívku nahradit.

b) Rezistor o odporu R_1 v druhém zapojení nahradíme kondenzátorem. Jakou kritickou hodnotu C_k musí mít kapacita C kondenzátoru, aby amplituda $U_{C\mathrm{m}}$ napětí na kondenzátoru dosáhla maximální možné hodnoty $U_{C\mathrm{mk}}$? Určete tuto hodnotu.

Řešte nejprve obecně a potom pro hodnoty: $U = 10{,}0\ \mathrm{V}$, $I = 16{,}0\ \mathrm{mA}$, $I_1 = 11{,}8\ \mathrm{mA}$, $R_1 = 470\ \Omega$.
Transformátor považujte za zdroj harmonického napětí o frekvenci 50 Hz.

4. V urychlovači HERA v Hamburku, který byl uveden do provozu r. 1989, získávají elektrony celkovou energii $E_\mathrm{e} = 30$ GeV a protony celkovou energii $E_\mathrm{p} = 820$ GeV. Částice obíhají v opačných směrech ve dvou přibližně kruhových zásobních prstencích o poloměru $r = 1{,}0$ km umístěných nad sebou. Na čtyřech místech, kde se prstence kříží, probíhají srážkové pokusy.

a) O kolik jsou rychlosti protonů a elektronů menší než rychlost světla ve vakuu?

b) Jak silná magnetická pole udržují částice na kruhových trajektorijích?

c) Jakou rychlost u, hmotnost m'_e a celkovou energii E'_e má elektron před srážkou ve vztažné soustavě spojené s protonem?

Klidové hmotnosti protonu a elektronu jsou $m_{\mathrm{p}0} = 1{,}67 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$, $m_{\mathrm{e}0} = 9{,}1 \cdot 10^{-31}\ \mathrm{kg}$. Obě částice mají náboj o absolutní hodnotě $e = 1{,}60 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$.

Návod: Použijte aproximační vztahy:

$$\sqrt{1 \pm A} \doteq 1 \pm \frac{A}{2}, \qquad (1 \pm A)^2 \doteq 1 \pm 2A, \qquad \frac{1+A}{1+B} \doteq 1 + A - B$$

platné pro $|A| \ll 1$, $|B| \ll 1$.