



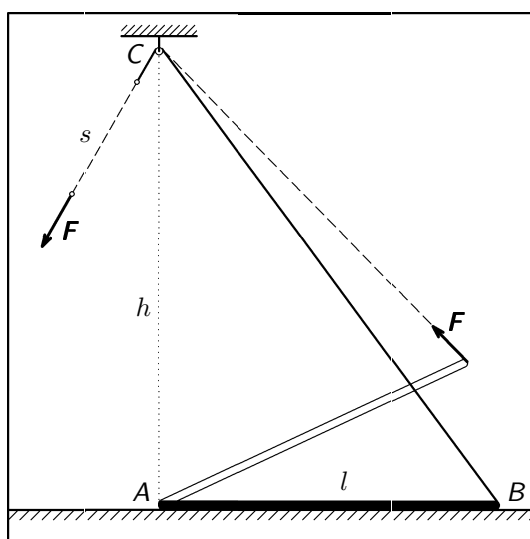
Ústřední výbor fyzikální olympiády České republiky
Nám. Svobody, 501 91 Hradec Králové

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.



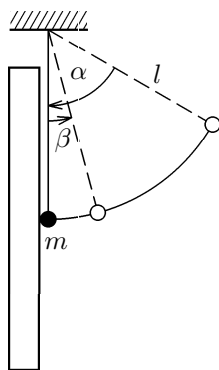
obr. 1

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).

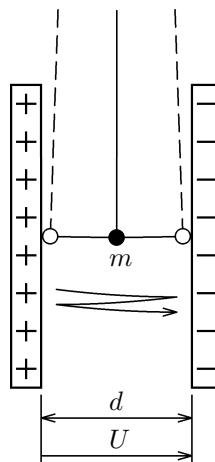
Při druhém pokusu umístíme do vzdálenosti d od první desky druhou stejně velkou desku. Vzdálenost desek volíme několikrát větší než průměr kuličky. Závěs kuličky prodloužíme, aby byl mnohem delší než vzdálenost desek, a bod upevnění závěsu umístíme tak, aby rovnovážná poloha kuličky ležela uprostřed 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 .

- 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.
- 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.
- Jaký náboj Q nese kulička během letu mezi deskami?

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

- Určete indukčnost L ideální cívky a rezistanci R ideálního rezistoru, jejichž sériovým spojením bychom mohli danou reálnou cívku nahradit.
- Rezistor o odporu R_1 v druhém zapojení nahradíme kondenzátorem. Jakou kritickou hodnotu C_k musí mít kapacita C kondenzátoru, aby amplituda U_{Cm} napětí na kondenzátoru dosáhla maximální možné hodnoty U_{Cmk} ? Určete tuto hodnotu.

Řešte nejprve obecně a potom pro hodnoty: $U = 10,0 \text{ V}$, $I = 16,0 \text{ mA}$, $I_1 = 11,8 \text{ mA}$, $R_1 = 470 \Omega$.

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 $E_e = 30 \text{ GeV}$ a protony celkovou energii $E_p = 820 \text{ GeV}$. Částice obíhají v opačných směrech ve dvou přibližně kruhových zásobních prstencích o poloměru $r = 1,0 \text{ km}$ umístěných nad sebou. Na čtyřech místech, kde se prstence kříží, probíhají srážkové pokusy.

- O kolik jsou rychlosti protonů a elektronů menší než rychlost světla ve vakuu?
- Jak silná magnetická pole udržují částice na kruhových trajektoriích?
- 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 $m_{p0} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $m_{e0} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$. Obě částice mají náboj o absolutní hodnotě $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Návod: Použijte aproximační vztahy:

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

platné pro $|A| \ll 1$, $|B| \ll 1$.