Úlohy 1. kola 42. ročníku fyzikální olympiády. *Kategorie B*

Ve všech úlohách počítejte s tíhovým zrychlením $g = 9{,}8\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$.

1. Homogenní koule o poloměru R je rozříznuta na dvě poloviny. Jedna polovina leží rovnou plochou na vodorovné podložce. Na ni opatrně umístíme druhou polokouli do rovnovážné polohy podle obr. 1a nebo podle obr. 1b.

a) Určete charakter rovnovážné polohy v obou případech.

Horní polokouli nahradíme homogenní polokoulí o poloměru R'.

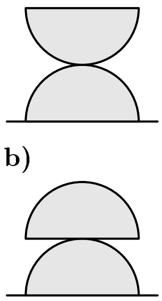
b) Jaký musí být poloměr R', aby poloha na obr. 1a byla stabilní?

c) Jaký musí být poloměr R', aby poloha na obr. 1b byla stabilní?

Tření mezi dolní polokoulí a podložkou i mezi oběma polokoulemi je tak velké, že můžeme vyloučit jejich sklouznutí. Těžiště polokoule leží ve vzdálenosti $\frac{3}{8}R$ od rovné plochy.

a)

b)



Obr. 1

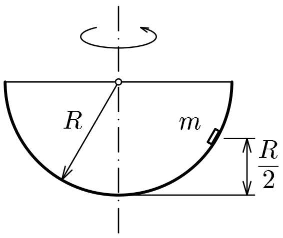
2. Nádoba tvaru polokoule o poloměru R rotuje kolem svislé osy procházející jejím středem s úhlovou rychlostí ω. Na jejím vnitřním povrchu je ve výšce $R/2$ položeno malé ploché tělísko o hmotnosti m, které rotuje spolu s polokoulí (obr. 2). Součinitel smykového tření mezi tělískem a povrchem nádoby je f. Určete:

a) minimální hodnotu úhlové rychlosti $\omega_{\min}$,

b) maximální hodnotu úhlové rychlosti $\omega_{\max}$,

c) velikost a směr třecí síly působící na tělísko při úhlové rychlosti $\overline{\omega} = (\omega_{\max} + \omega_{\min})/2$.

Řešte nejprve obecně a pak pro $R = 0{,}5$ m, $f = 0{,}20$ a $m = 10$ g.



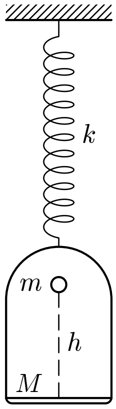
Obr. 2

3. V uzavřené nádobě o objemu 10 l je suchý vzduch o teplotě 20 °C a tlaku $1{,}00 \cdot 10^5$ Pa.

a) Do nádoby nalejeme 3 g vody a zahřejeme ji na 100 °C. Určete tlak plynu v nádobě. Teplotní roztažnost nádoby zanedbejte.

b) Jaký by byl tlak v nádobě po zahřátí na 100 °C, pokud by nalitá voda měla hmotnost 10 g?

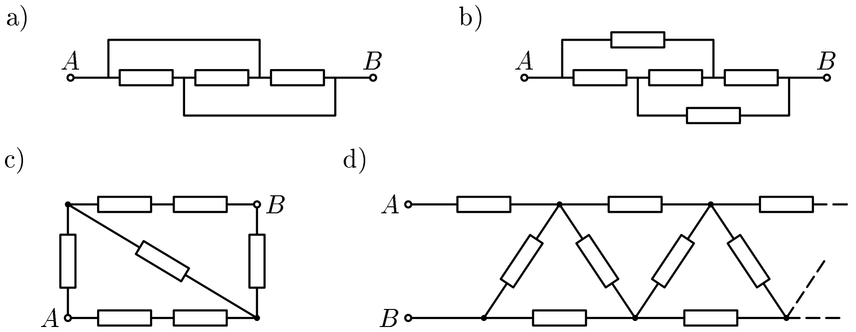
4. Kousek plastelíny o hmotnosti $m = 150$ g dopadne z výšky $h = 12$ cm do středu misky o hmotnosti $M = 120$ g zavěšené na pružině o tuhosti $k = 12\ \mathrm{N \cdot m^{-1}}$, která má zanedbatelnou hmotnost (obr. 3). Sestrojte graf okamžité výchylky, graf rychlosti a graf zrychlení kmitů misky, které budou následovat. Zobrazte alespoň 2 periody.



Obr. 3

5. V následujících obvodech mají všechny rezistory stejný odpor R. Určete odpor mezi body A, B. Řetězec na obr. 4d) je nekonečný.

Obr. 4



6. *Praktická úloha:* **Určení závislosti teploty vodiče na tepelném výkonu předávaném do okolí**

Teorie:

Vodič, kterým prochází ustálený elektrický proud, se zahřívá a přijatou elektrickou energii odevzdává okolnímu prostředí jako *Joulovo teplo.* Je-li obklopen tekutým prostředím, uskutečňuje se tepelná výměna převážně prouděním. V rovnovážném stavu je předávaný tepelný výkon $P = UI$ přímo úměrný teplotnímu rozdílu mezi teplotou vodiče t a teplotou prostředí t_{p}:

$$P = b(t - t_{\mathrm{p}})\,. \tag{1}$$

Konstanta b závisí především na velikosti povrchu vodiče, na vlastnostech tekutiny, která vodič obklopuje a na způsobu proudění.

Teplotu vodiče můžeme určit ze závislosti jeho odporu $R = U/I$ na teplotě:

$$R = R_0(1 + \alpha t)\,, \tag{2}$$

kde R_0 je odpor při teplotě 0 °C a α je teplotní součinitel odporu.

Úkoly:

a) Do elektrického obvodu zapojte mezi pevné svorky kus tenkého holého měděného drátu, postupně zvětšujte proud v obvodu a měřte napětí mezi svorkami. Postupujte od nulového proudu až do proudu, při kterém dojde k přepálení drátu. Volte přitom alespoň tři různá uspořádání, např. drát je ve vzduchu natažen vodorovně, drát je natažen svisle, drát je stočen do spirály, drát je ve skleněné trubičce, drát je ve skleněné trubičce vyplněné jemným pískem nebo solí apod. Ve všech uspořádáních použijte drát stejného poloměru a délky. Popište co nejpřesněji uspořádání pokusu a uveďte teplotu okolního vzduchu.

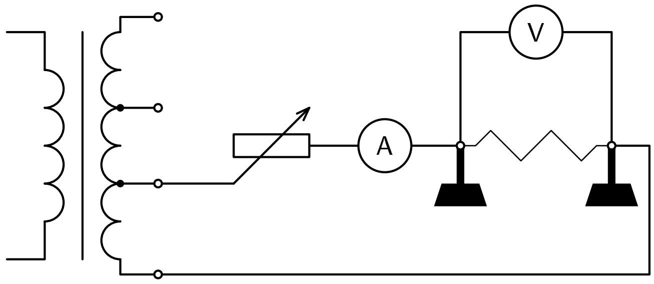
b) Pro každé uspořádání sestrojte voltampérovou charakteristiku drátu.

c) Z hodnot naměřených při malých proudech, kdy je zahřátí vodiče nepatrné, určete jeho odpor R_p při teplotě okolního prostředí a užitím vztahu (2) stanovte odpor R_0 při 0 °C.

d) Vypočítejte, jak se s rostoucím proudem zvětšuje teplota vodiče a výkon předávaný do okolí. Ověřte platnost vztahu (1), určete hodnoty konstanty $b = P/(t - t_\mathrm{p})$ ve všech zvolených uspořádáních a porovnejte je.

Provedení úlohy:

- Tenké holé měděné dráty o průměru do 0,2 mm (doporučený průměr 0,1 mm až 0,2 mm) získáme stažením izolace z kousku běžné dvojlinky. Teplotní součinitel odporu měděného vodiče pro vztažnou teplotu 0 °C je $\alpha = 4{,}0 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{K}^{-1}$.
- Měření můžeme provést v zapojení podle obr. 5. Jako zdroj napětí je vhodný školní transformátor s odbočkami sekundárního vinutí, reostat musí být v robustním provedení s odporem do 20 Ω. Pod svorky a drát umístěte nehořlavou podložku.



Obr. 5

- Po každém zvětšení proudu je třeba vyčkat dosažení rovnovážného stavu.
- V každém uspořádání zapište výsledky měření a výpočtů do tabulek:

I/A	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5
U/V						
R/Ω						

$R_\mathrm{p} =$
$t_\mathrm{p} =$
$R_0 =$

I/A	2,0	2,5	3,0	...
U/V				
P/W				
R/Ω				
$t/{}^\circ\mathrm{C}$				
$(t - t_\mathrm{p})/\mathrm{K}$				
$b/(W \cdot \mathrm{K}^{-1})$				

Doporučená literatura: Rauner, K.: *Voltampérové charakteristiky vodičů se silnou závislostí odporu na teplotě.* In Školská fyzika 1/2000, s. 82–85.

7. Na dně vodorovného válcového koryta o poloměru R jsou vedle sebe položena tři tělesa: homogenní válec o poloměru r, tenký válcový prstenec o poloměru r a koule o poloměru r.

a) Porovnejte periody malých kmitů všech tří těles po jejich vychýlení z rovnovážné polohy.

b) Při jakém poloměru r by doba kmitu těles byla stejná jako doba kmitu matematického kyvadla délky R?