

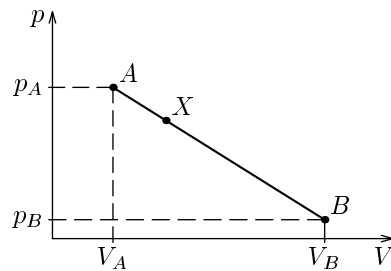
Úlohy 1. kola 45. ročníku fyzikální olympiády. Kategorie B

Ve všech úlohách počítejte s tíhovým zrychlením $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

1. Puk klouže dolů po nakloněné rovině se sklonem α . Koeficient smykového tření mezi pukem a nakloněnou rovinou se směrem od vrcholu postupně zvětšuje podle vztahu $f = kx$, kde k je konstanta a x je vzdálenost od vrcholu, kde pohyb začal.
 - a) Určete závislost rychlosti puku na vzdálenosti od vrcholu nakloněné roviny. V jaké vzdálenosti od vrcholu se bude puk pohybovat největší rychlostí? Určete tuto rychlost.
 - b) V jaké vzdálenosti od vrcholu se puk zastaví?
 - c) V jaké vzdálenosti od vrcholu musíme umístit dokonale pružnou zarážku, aby se puk po odrazu od ní zastavil co nejdříve na nakloněné rovině?

2. Ideální plyn s jednoatomovými molekulami (např. helium) se rozpíná tak, že s rostoucím objemem tlak lineárně klesá (viz p - V diagram na obr. 1). Přitom platí $p_B = p_A/8$, $V_B = 4,5V_A$.

- a) Vyjádřete absolutní termodynamickou teplotu plynu jako funkci objemu pro děj A - B a sestrojte její graf. Určete objem V_1 , při kterém je teplota plynu největší.
- b) Vyjádřete práci vykonanou plynem, změnu vnitřní energie plynu a teplo dodané plynu při ději A - X jako funkce objemu plynu V .
- c) Určete objem V_2 , aby teplo dodané plynu při ději A - X bylo největší.
- d) Rozpínání z objemu V_A na objem V_B je objemy V_1 a V_2 rozděleno na tři části. Popište průběh děje v jednotlivých částech z hlediska dodávání a odebrání tepla a změny teploty.



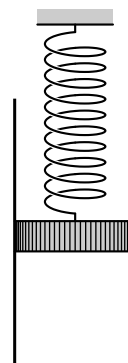
Obr. 1

3. Svislá pružina o tuhosti k a zanedbatelné hmotnosti je upevněna horním koncem ke stojanu. Na dolní konec připevníme závaží o hmotnosti m a podložíme je vodorovnou destičkou, aby pružina zůstala bez napětí. V čase $t = 0$ se destička začne pohybovat svisle dolů se stálým zrychlením o velikosti $a < g$.
 - a) Určete čas t_1 , kdy se závaží přestane dotýkat destičky, a hloubku h_1 , ve které k tomu dojde.
 - b) Určete periodu T kmitů závaží, které budou následovat po odpoutání destičky od závaží, hloubku h_0 rovnovážné polohy, okolo které budou kmity probíhat, jejich amplitudu výchylky A a amplitudu rychlosti v_m .

- c) Naleznete funkce, které popisují závislosti okamžité rychlosti a okamžité hloubky závaží na čase po dobu, kdy se závaží dotýká destičky, a funkce, které popisují tyto závislosti během kmitů.

Řešte obecně a pro hodnoty $m = 0,200$ kg, $k = 10,0$ N · m⁻¹, $a = 0,5$ g. Pro dané hodnoty sestrojte grafy uvedených funkcí od počátku děje až do proběhnutí jednoho celého kmitu závaží.

4. a) Do uzavřené válcové nádoby o objemu $V_0 = 10,0$ litrů, ve které je vakuum, vpravíme při teplotě $t_1 = 20$ °C vodu o hmotnosti $m = 4,00$ g. Nádobu budeme velmi pomalu zahřívat až na 100 °C. Určete, jak se bude měnit hmotnost a tlak vodních par v nádobě v závislosti na teplotě a propočítejte tabulku těchto závislostí, přičemž hodnotu teploty zvětšujte po 5 °C.
- b) Nádobu uzavřeme shora dokonale klouzajícím pístem o plošném obsahu $S = 500$ cm³ a hmotnosti $M = 4$ kg spojeným s pružinou o tuhosti $k = 4000$ N · m⁻¹. Nad pístem je vakuum (obr. 2). Pružina je upevněna tak, že při teplotě t_1 bude objem nádoby opět V_0 . Nádobu budeme velmi pomalu zahřívat až na 100 °C. Určete, jak se bude měnit objem nádoby, hmotnost vodních par v nádobě a jejich tlak v závislosti na teplotě a propočítejte tabulku těchto závislostí stejně jako jako v úloze a).
- c) Závislosti tlaku vodních par na teplotě v obou případech znázorněte do společného grafu.



Obr. 2

Objem vody vpravené do nádoby a teplotní roztažnost nádoby zanedbejte. Použijte tabulku závislosti tlaku nasycených vodních par na teplotě v MFCh tabulkách. Doporučujeme zpracování výpočtů a sestrojení grafů s využitím programu Microsoft EXCEL.

5. Na zásuvce elektrické sítě v domě je napětí $U_0 = 230$ V. Pomocí kabelu délky $l_0 = 60$ m o odporu $R_v = 1,2$ Ω je k této zásuvce na zahradě připojena varná konvice s jmenovitým příkonem $P_j = 2,0$ kW a jmenovitým napětím $U_j = U_0 = 230$ V.
- a) Určete skutečné napětí U na topné spirále konvice a její skutečný příkon P při uvedeném zapojení.
- b) Určete výkon P_s odebíraný ze sítě a ztrátový výkon P_v ve vedení.
- c) Sestrojte pro danou varnou konvici a daný průřez kabelu do jediného obrázku grafy závislosti P , P_s a P_v na délce kabelu l v intervalu $0 \leq l \leq 2000$ m.
- d) Řešte úlohy a), b) pro případ, že místo varné konvice bude kabelem délky l_0 připojena žárovka o jmenovitém napětí $U'_j = U_0 = 230$ V a jmenovitém příkonu $P'_j = 100$ W.

Úlohy a), b), d) řešte nejprve obecně, pak pro číselné hodnoty. Napětí na zásuvce považujte za nezávislé na zátěži.

6. Praktická úloha: Určení zatěžovací konstanty termistoru

Teorie: Zatěžovací konstanta D termistoru je poměr mezi elektrickým výkonem P rozptýleným v termistoru a zvýšením Δt jeho teploty vzhledem k teplotě t_0 okolního prostředí v ustáleném stavu:

$$D = \frac{P}{\Delta t}, \quad [D] = \text{W} \cdot \text{K}^{-1}.$$

Zatěžovací konstanta je tedy číselně rovna příkonu, který způsobí ohřátí termistoru o 1 K nad teplotu okolí.

Jmenovitý odpor termistoru R_{25} je definován jako odpor při teplotě 25 °C.

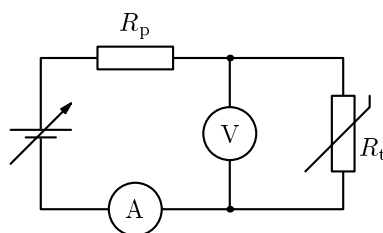
Úkoly

- Opatřete si tyčinkový nebo destičkový termistor o jmenovitém odporu R_{25} od 100 Ω do několika k Ω a pokud možno zjistěte jeho maximální výkonové zatížení P_{\max} .
- Umístěte termistor do vhodné lázně a změřte odpor termistoru při různých teplotách v intervalu 20 °C až 90 °C. Sestrojte graf závislosti teploty termistoru na jeho odporu.
- V zapojení podle obr. 3 změřte závislost napětí termistoru na procházejícím proudu. Určete, jak se s rostoucím proudem mění elektrický příkon termistoru, jeho odpor a teplota.
- Ověřte, že mezi elektrickým příkonem P termistoru a zvýšením Δt teploty termistoru nad teplotu okolí je vztah přímé úměrnosti, a určete zatěžovací konstantu D .

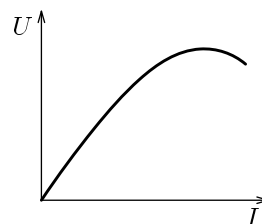
Provedení úlohy:

- Pro měření odporu termistoru při různých teplotách připojíme termistor k ohmmetru a spolu s teploměrem jej zasuneme do tenkostěnné zkumavky a utěsníme vatou. Zkumavku vložíme do termosky s horkou vodou, počkáme, až se údaje ohmmetru a teploměru ustálí, a zapíšeme je. Před každým dalším měřením část vody odlejeme a nahradíme vodou studenou. Měření opakujeme, dokud teplota v termosce neklesne pod teplotu okolí.
- V zapojení podle obr. 3 použijeme ochranný rezistor R_p , jehož odpor by měl být přibližně polovinou jmenovitého odporu termistoru R_{25} . Při měření nastavíme nejprve malé napětí zdroje, při kterém bude elektrický příkon termistoru menší než 0,1 P_{\max} . Pak budeme napětí zdroje po malých skocích zvětšovat a po každém zvětšení počkáme, až se teplota termistoru a údaje měřicích přístrojů ustálí. Pak teprve zapíšeme údaje ampérmetru a voltmetru do tabulky a vypočítáme příkon termistoru a jeho odpor. Jakmile se příkon termistoru bude přibližovat k P_{\max} , přestane při rostoucím proudu napětí na termistoru růst a začne se zmenšovat (obr. 4). Při dalším zvětšování proudu by se termistor zničil přehřátím. Měření proto ukončíme, když dosáhneme příkonu asi 0,7 P_{\max} .
- Při měření podle obr. 3 je třeba, aby okolo termistoru mohl volně proudit vzduch a aby se okolní podmínky neměnily. Proto je vhodné přikrýt držák s termistorem větší plechovou nádobou, nejlépe hliníkovou.

- Doporučujeme zpracovat výsledky měření v EXCELU. V grafu závislosti teploty termistoru na odporu provedte polynomickou regresi 4. stupně a regresní vzorec použijte pro výpočet teplot při měření podle obr. 3. Koeficienty vzorce je třeba opsat alespoň na čtyři platné číslice. V grafu závislosti P na Δt použijte lineární regresi a z regresního vzorce určete hledanou zatěžovací konstantu D .

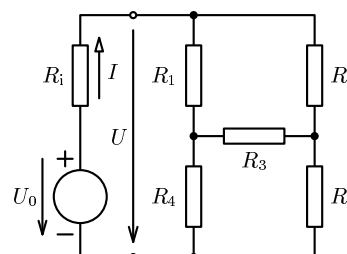


Obr. 3



Obr. 4

7. Na obr. 5 je znázorněna elektrická síť, která je připojena ke zdroji o vnitřním odporu $R_i = 5 \Omega$. Svorkové napětí nezátíženého zdroje je $U_0 = U_e = 30 \text{ V}$. Rezistory v síti mají odpory: $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 20 \Omega$, $R_3 = 30 \Omega$, $R_4 = 40 \Omega$, $R_5 = 50 \Omega$. Určete proud I odebíraný ze zdroje, svorkové napětí U zdroje, proud I_5 procházející rezistorem R_5 a napětí U_5 na tomto rezistoru. Určete odpor R jediného rezistoru, kterým bychom mohli nahradit síť z rezistorů R_1 až R_5 tak, aby se proud odebíraný ze zdroje nezměnil. Úlohu řešte



Obr. 5

- postupným zjednodušením obvodu s užitím transfigurace trojúhelník – hvězda,
- užitím Kirchhoffových zákonů,
- metodou smyčkových proudů.