



Ústřední výbor fyzikální olympiády České republiky
**Úlohy regionálního kola 40. ročníku FO
kategorie B**

1. V dokumentaci motoru Škoda 781.136 pro automobil FAVORIT je uveden *zdvihový objem válce* $V_{\text{zdv}} = 322 \text{ cm}^3$ a *kompresní poměr* $\varepsilon = 9,7$. (Zdvihový objem válce je rozdíl maximálního objemu V_{max} a minimálního objemu V_{min} pracovního prostoru válce; kompresní poměr je jejich podíl.)

Děje probíhající v motoru můžeme modelovat kruhovým dějem $ABCD$, při kterém se pracovní látka (vzduch s nepatrným množstvím benzínu) nejprve adiabaticky stlačí z počátečního objemu $V_A = V_{\text{max}}$, počátečního tlaku $p_A = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ a počáteční teploty $T_A = 300 \text{ K}$ na objem $V_B = V_{\text{min}}$, tlak p_B a teplotu T_B .

Následuje zážeh a izochorické shoření malého množství benzínu rozptýleného ve vzduchu, při kterém se teplota zvýší z T_B na T_C a tlak z p_B na p_C . Předpokládejme takové množství benzínu, že $T_C = 3,0 \cdot T_B$.

Pak proběhne adiabatická expanze zahřátého vzduchu se spaliny na počáteční objem $V_D = V_{\text{max}}$, při které se teplota zmenší na T_D a tlak na p_D , a nakonec se vzduch izochoricky ochladí na počáteční stav.

- Určete maximální objem V_{max} a minimální objem V_{min} pracovního prostoru válce. Výsledky zaokrouhlete na cm^3 .
- Určete látkové množství vzduchu ve válci.
- Vypočítejte zbývající hodnoty stavových veličin v bodech B , C a D . Nakreslete ve vhodném měřítku p - V diagram děje. Průběhy adiabat nakreslete jen „od ruky“.
- Pro každý z dějů AB , BC , CD a DA určete změnu vnitřní energie, vykonanou nebo spotřebovanou práci a přijaté nebo odevzdané teplo.
- Určete celkovou práci při jednom proběhnutí cyklu a jeho účinnost.
- Motor je čtyřválcový. Jaký výkon by měl za uvažovaných ideálních podmínek při frekvenci otáčení klikového hřídele $f = 3000 \text{ min}^{-1}$?

Vzduch v pracovním prostoru považujte za ideální plyn s dvouatomovými molekulami, pro jehož vnitřní energii platí $U = \frac{5}{2}nR_mT$. Poissonova konstanta má hodnotu $\kappa = 1,40$; $R_m = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

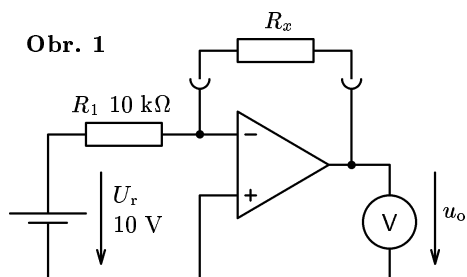
2. Na obr. 1 je schéma jednoduchého obvodu pro měření odporu. Obvod se skládá z operačního zesilovače, zdroje konstantního referenčního napětí $U_r = 10\text{ V}$, rezistoru o odporu $R_1 = 10\text{ k}\Omega$ a voltmetru s rozsahem 10 V . Ke svorkám připojujeme rezistory o neznámém odporu R_x . Napájení operačního zesilovače není zakresleno.

- a) Odpor R_x je přímo úměrný výstupnímu napětí u_o operačního zesilovače. Určete konstantu úměrnosti K ve vztahu

$$R_x = K u_o$$

a měřicí rozsah obvodu.

- b) Jak bychom dosáhli zvětšení měřicího rozsahu na $1\text{ M}\Omega$?



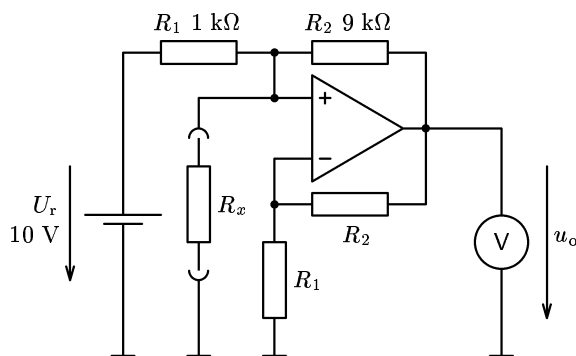
Pro měření malých odporů se lépe hodí zapojení na obr. 2. V obvodu jsou použity dva stejné rezistory o odporu $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ a dva stejné rezistory o odporu $R_2 = 9\text{ k}\Omega$. Zdroj referenčního napětí a voltmetr jsou stejné jako v předcházejícím obvodu. Napájení operačního zesilovače není zakresleno.

- c) Také v druhém případě je měřený odpor R_x přímo úměrný výstupnímu napětí operačního zesilovače u_o . Určete konstantu úměrnosti K_1 ve vztahu

$$R_x = K_1 u_o$$

a měřicí rozsah obvodu.

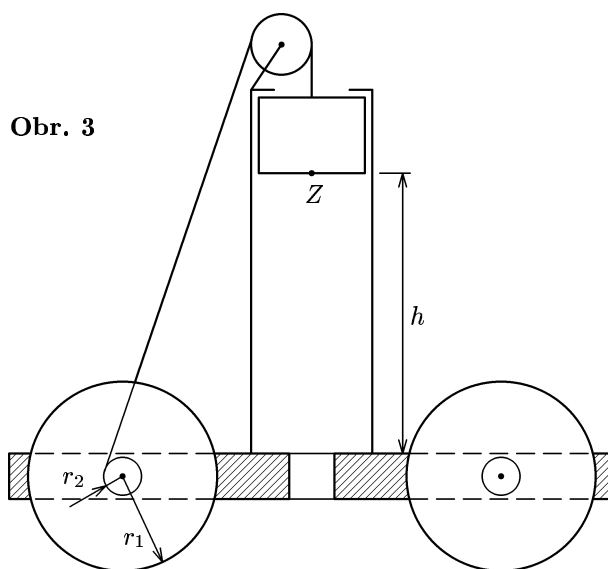
Obr. 2



3. Vozík pro studium rovnoměrně zrychleného pohybu je poháněn závažím podle obr. 3. Klesající závaží o hmotnosti m roztáhne lanko vedeným přes kladku zadní osu, na níž je lanko v dostatečné délce navinuto. V počáteční poloze je závaží ve výšce h nad vozíkem. Po jeho uvolnění se dá vozík do pohybu.

Každé ze čtyř kol vozíku má hmotnost m_1 a poloměr r_1 . Zadní i přední osa mají hmotnost m_2 a poloměr r_2 . Kola i osy jsou zhotoveny jako plně homogenní válce.

Pohyb závaží je veden hladkou svislou trubkou. Hmotnost samotného vozíku s trubkou bez závaží, os a kol je m_3 . Hmotnost kladky, tření v ložiskách, tření závaží v trubce a valivý odpor kol jsou zanedbatelné.



- Určete trajektorii, po které se pohybuje střed Z podstavy závaží po jeho uvolnění. V jakém vztahu je velikost v_z okamžité rychlosti bodu Z a velikost v_v okamžité rychlosti vozíku?
- Určete zrychlení vozíku, dobu, za kterou klesne závaží na vozík, a velikost v rychlosti, kterou za tuto dobu vozík získá.
- Jaká síla napíná vlákno během klesání závaží?

Řešte obecně a pro hodnoty: $m = 150,0 \text{ g}$, $m_1 = 5,0 \text{ g}$, $m_2 = 7,8 \text{ g}$, $m_3 = 100,0 \text{ g}$, $h = 12,0 \text{ cm}$, $r_1 = 25,0 \text{ mm}$, $r_2 = 4,0 \text{ mm}$, $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

4. Elektrony urychlené napětím U v elektronové trysce obrazové elektronky vlétají mezi dvě rovnoběžné vychylovací destičky délky l , jejichž vzdálenost je d . Osa trysky splývá s osou souměrnosti destiček (obr. 4). Vychylovací napětí U_v je získáno ze zdroje o napětí U_0 pomocí potenciometru o odporu R_p a odporového děliče tvořeného dvěma stejnými rezistory o odporu R .
- Jak závisí vychylovací napětí U_v na vzdálenosti h jezdce potenciometru od konce odporové dráhy, jestliže celá odporová dráha má délku L ?
 - Jak velké musí být napětí U_0 , aby elektronový paprsek při maximální výchylce právě zasáhl kraj destičky?
 - Jaký maximální úhel může svírat odchýlený elektronový paprsek s osou trysky?

Řešte obecně a pro hodnoty $U = 2000 \text{ V}$, $l = 20 \text{ mm}$, $d = 5 \text{ mm}$. Tloušťku elektronového paprsku zanedbejte. Elektrické pole mezi vychylovacími destičkami je prakticky homogenní. Jeho rozptyl na okraji destiček zanedbejte.

Obr. 4

