

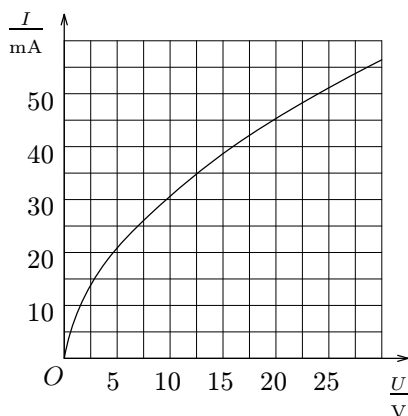
Úlohy 1. kola 37. ročníku fyzikální olympiády

Kategorie A

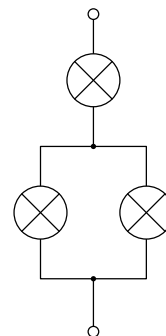
- Trám délky l , hmotnosti m a konstantního průřezu plave na vodní hladině. Dřevo, ze kterého je trám vyroben, má po namočení hustotu ϱ ; hustota vody je ϱ_1 ; příčné rozměry trámu jsou mnohem menší než jeho délka. K jednomu konci trámu připevníme lano a budeme jej volně zvedat vzhůru.

Jak bude záviset velikost tažné síly lana na výšce h zvednutého konce nad hladinou? Nakreslete graf této závislosti.

Řešte obecně a pak pro hodnoty: $m = 55 \text{ kg}$, $l = 6,0 \text{ m}$, $\varrho = 640 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $\varrho_1 = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.



Obr. A-1



Obr. A-2

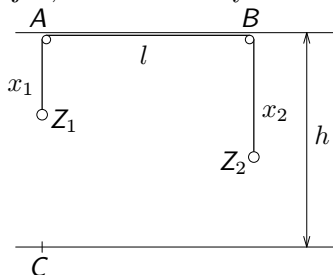
- Na obr. A-1 je voltampérová charakteristika telefonní žárovky s jmenovitými hodnotami 24 V, 0,1 A. Charakteristika je sestrojena z údajů v tabulce:

U/V	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0
I/mA	9,1	12,5	18,4	23,0	27,0	30,6	34,0
	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0
	37,1	40,1	42,8	45,3	47,7	50,0	52,3

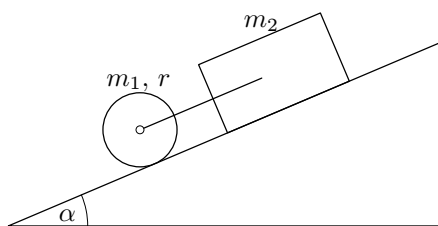
- Jaký proud bude procházet žárovkou a jaké napětí na ní naměříme, připojíme-li ji ke stejnosměrnému zdroji o elektromotorickém napětí $U_e = 29,5 \text{ V}$ a vnitřním odporu $R_i = 45 \Omega$?

- b) Jakou voltampérovou charakteristiku bude mít dvojice stejných žárovek zapojená paralelně?
- c) Jakou voltampérovou charakteristiku bude mít skupina tří žárovek zapojená podle obr. A-2?
- d) Skupinu žárovek z obr. A-2 připojíme ke zdroji z úlohy a). Jaké proudy budou procházet žárovkami a jaké na nich bude napětí?

3. Dva bodové zdroje světla o svítivostech I_1 a I_2 jsou zavěšeny u stropu na společném pohyblivém závěsu délky d (obr. A-3). Vzdálenost bodů A , B je l , místnost má výšku h .



Obr. A-3



Obr. A-4

- a) Určete osvětlení E_0 na podlaze v bodě C svisle pod zdrojem o svítivosti I_1 , jsou-li oba zdroje ve stejné výšce nad podlahou.
- b) Jak daleko od stropu je třeba umístit 1. zdroj, jestliže 2. zdroj zhasne, aby v bodě C bylo opět osvětlení E_0 ? V obecném řešení již považujte hodnotu E_0 za známou.
- c) Jak daleko od stropu je třeba umístit 2. zdroj, jestliže 1. zdroj zhasne, aby v bodě C bylo opět osvětlení E_0 ?
- d) 1. zdroj nesvítí. Při jaké vzdálenosti 2. zdroje od stropu bude osvětlení v bodě C maximální?

Řešte nejprve obecně a pak pro hodnoty:

$I_1 = 25$ cd, $I_2 = 150$ cd, $h = 3,10$ m, $l = 1,20$ m, $d = 3,50$ m.

Úlohu c) řešte pouze numericky.

4. Při poruše topení vychladla třída na 0°C . Kolik tepla je třeba dodat, aby se vzduch ve třídě vyhřál na 20°C ? Vedení tepla stěnami zanedbejte. Třída má rozměry $7 \times 10 \times 4$ m³. Tlak vzduchu je $1,01 \cdot 10^5$ Pa, molární hmotnost $M_m = 28,96 \cdot 10^{-3}$ kg·mol⁻¹ a měrná tepelná kapacita při stálém tlaku $c_p = 1005$ J·kg⁻¹·K⁻¹.

5. Na nakloněné rovině se sklonem α je umístěna spojená soustava válce a kvádru. Válec má hmotnost m_1 , poloměr r a moment setrvačnosti vůči rotační ose $J = \frac{1}{2}m_1r^2$. Osa válce je pomocí dvou tenkých tyčí spojena s kvádrem o hmotnosti m_2 (obr. A-4). Tyče jsou rovnoběžné s nakloněnou rovinou, osa válce je v nich volně otáčivá. Součinitel smykového tření mezi povrchy kvádru či válce a nakloněnou rovinou je f . (Obě tělesa jsou ze stejného materiálu.)

- Stanovte horní mez f_{max} součinitele smykového tření, při kterém dojde po uvolnění soustavy k jejímu pohybu po nakloněné rovině.
- Vypočítejte zrychlení soustavy a sílu F přenášenou tyčemi za předpokladu, že soustava sjíždí po nakloněné rovině a válec se pohybuje bez prokluzování.
- Určete dolní mez f_{min} smykového tření, při kterém nedochází k prokluzování válce.

Úlohy a), c) řešte nejprve obecně a pak pro hodnoty: $\alpha = 25^\circ$, $m_1 = 2,2 \text{ kg}$, $m_2 = 5,0 \text{ kg}$, $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. V úloze b) počítejte ještě s hodnotou $f = 0,27$.

6. Praktická úloha. Určení frekvenčních charakteristik Wienova členu

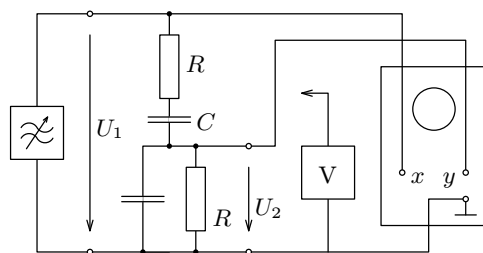
Teorie Wienova členu je vyložena podrobně ve studijním textu FO kat A: „Obvody střídavého proudu s lineárními jednobrany a dvojbrany“ (1. vydání 1992, 2. vydání 1995)

Úkoly:

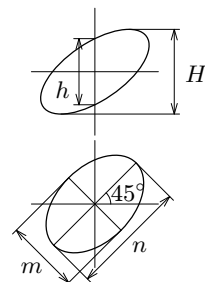
- Sestavte Wienův člen ze dvou stejných rezistorů o odporu R (např. $1 \text{ k}\Omega$) a dvou stejných kondenzátorů o kapacitě C (např. 100 nF). Určete jeho kritickou frekvenci f_0 a ověřte, že platí

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}.$$

- Pro různé hodnoty poměrného rozladění v intervalu $-5 \leq F \leq 5$ určete absolutní hodnotu napěťového přenosu $A = U_2/U_1$ a fázové posunutí $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$. Z naměřených hodnot sestrojte frekvenční charakteristiky: útlumovou, fázovou a komplexní. Jejich skutečné průběhy porovnejte s teoretickými, které jsou zobrazeny ve studijním textu.



Obr. A-5



Obr. A-6, A-7

Provedení úlohy

Měříme v zapojení podle obr. A-5 při maximálním napětí tónového generátoru. Voltmetrem zjišťujeme efektivní hodnoty vstupního a výstupního napětí U_1 , U_2 .

Osciloskop použijeme k měření absolutní hodnoty fázového posunutí. Na obrazovce vznikne Lissajousova křivka ve tvaru elipsy. Označme největší svislou vzdálenost bodů elipsy H a vzdálenost průsečíků se svislou osou obrazovky h (obr. A-6). Platí

$$\sin |\varphi| = \frac{h}{H}.$$

Pokud je absolutní hodnota fázového posunutí větší než 45° , dává mnohem přesnější výsledky druhý způsob: Regulací horizontální a vertikální citlivosti osciloskopu můžeme elipsu upravit tak, že hlavní osa má sklon 45° (obr. A-7). Pak platí

$$\operatorname{tg} \left| \frac{\varphi}{2} \right| = \frac{n}{m},$$

kde n je délka vedlejší osy a m délka hlavní osy elipsy. Pokuste se uvedené vztahy pro určení fázového posunutí sami odvodit. Pro $f < f_0$ je $\varphi > 0$, pro $f > f_0$ je $\varphi < 0$. Při kritické frekvenci f_0 přejde elipsa v úsečku.

Nejprve vyhledáme kritickou frekvenci f_0 . Před dalším měřením vypočítáme frekvence, které odpovídají zvoleným hodnotám poměrného rozladění F . Výsledky měření a výpočtů zapíšeme do tabulky:

F	0	1	-1	2	-2	3	-3	...
f/f_0	0	1,618	0,618	2,414	0,414	3,303	0,303	...
f/kHz								
U_1/V								
U_2/V								
m/mm								
n/mm								
A								
φ								

7. a) Ve vakuové komoře cyklotronu urychlujícího protony bylo vytvořeno homogenní magnetické pole o indukci $B = 1,50 \text{ T}$. Na urychlovací elektrody (duanty) je přivedeno střídavé napětí stálé frekvence f_p . Určete tuto frekvenci.
- b) Vysvětlete, proč v důsledku relativistického růstu hmotnosti může kinetická energie protonu dosáhnout v cyklotronu nejvýše hodnoty 15 MeV . Jaký poloměr má při této energii trajektorie protonu?
- c) V synchrociklotronu, který pracuje na stejném principu, mohou protony získat kinetickou energii několika set MeV . Jsou urychlovány v dávkách. Během urychlování jedné dávky se frekvence urychlovacího napětí mění z počáteční hodnoty f_p (cyklotronová frekvence) v souladu s růstem hmotnosti protonu. Jakou rychlostí se pohybuje proton o kinetické energii 400 MeV ? Jaký poloměr má jeho trajektorie, je-li magnetická indukce v urychlovací komoře opět $1,5 \text{ T}$? S jakou frekvencí obíhá?
- d) Určete vztah, podle kterého je třeba měnit frekvenci urychlovacího napětí v závislosti na čase, jestliže během každého oběhu se kinetická energie protonu zvětší o $E_1 = 10 \text{ keV}$. Jak dlouho trvá za těchto podmínek urychlení jedné dávky protonů na energii 400 MeV ?

Poznámka: Pokud na částici působí síla kolmá ke směru okamžité rychlosti, platí i při rychlostech blízkých rychlosti světla vztah $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$.