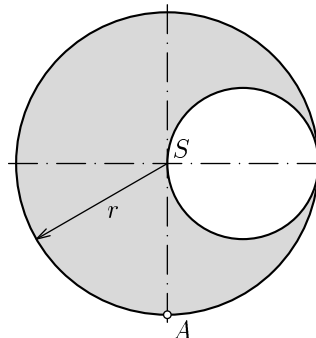


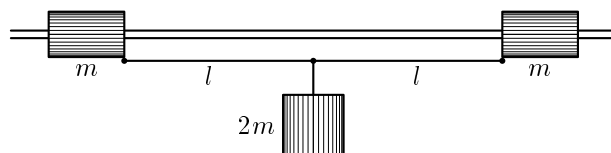
**Úlohy 1. kola 42. ročníku fyzikální olympiády. Kategorie A**

1. Vodorovná homogenní kruhová deska o poloměru  $r$ , ze které byl vyříznut otvor o poloměru  $0,5r$ , je podepřena v bodě  $A$  (obr. 1). Určete body  $B, C$  na obvodu desky, do kterých musíme umístit další dvě podpěry, mají-li být všechny zatíženy stejně. Počítejte i s možností, že některá podložka je na obvodu otvoru. Tření mezi deskou a podpěrami je malé; síly v bodech  $A, B, C$  proto mají svislý směr. Úlohu řešte graficky i početně.



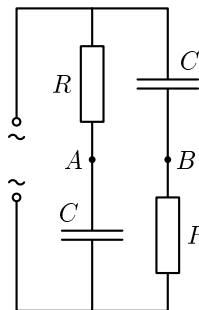
Obr. 1

2. Dva stejné osově provrtané válce o hmotnostech  $m$  jsou navléknuty na hladkou vodorovnou tyč a spojeny tenkou pevnou neroztažitelnou nití délky  $2l$ . Nit je téměř vodorovná, ale bez napětí (obr. 2). Do středu nití umístíme podepřené závaží o hmotnosti  $2m$  a uvolníme je. Určete, jaké největší rychlosti  $v_m, u_m$  dosáhnou válce a závaží při ději, který následuje, můžeme-li tření v soustavě a odpor vzduchu zanedbat.



Obr. 2

3. Obvod tvořený dvěma stejnými rezistory o odporu  $1\text{ k}\Omega$  a dvěma stejnými kondenzátory o kapacitě  $10\text{ }\mu\text{F}$  byl podle obr. 3 připojen k síti  $50\text{ Hz}$ ,  $240\text{ V}$ .
- Jaké napětí naměříme voltmetrem připojeným mezi body  $A, B$ ?
  - Voltmetr nahradíme ampérmetrem. Jaký proud naměříme?
  - Nakonec zapojíme do obvodu wattmetr. Napěťovou cívku wattmetru připojíme přímo k síti a proudovou cívku mezi body  $A, B$ . Jaký výkon naměříme?

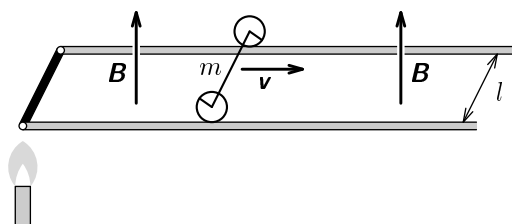


Obr. 3

Měřicí přístroje považujte za ideální.

4. Zrcadlo o průměru  $8,2\text{ m}$  pro velký zrcadlový dalekohled je vyrobeno z polotovaru získaného chlazením sklokeramické taveniny umístěné v ploché vaně rotující rovnoměrně okolo svislé osy.
- Dokažte, že hladina taveniny zaujme tvar rotačního paraboloidu.
  - Určete periodu otáčení, má-li mít paraboloid ohniskovou vzdálenost  $14,4\text{ m}$ .
  - Určete objem materiálu, který bychom museli odstranit, kdy bychom chtěli stejnou plochu vybrousit z rovné válcové desky.

5. Na obr. je znázorněna aparatura skládající se ze dvou rovnoběžných vodivých kolejnic, jejichž vzájemná vzdálenost je  $l$ , na kterých se bez mechanického odporu pohybuje jednoduché soukolí vyrobené z drátu o hmotnosti  $m$ . Kolejnice jsou zakončeny spojkou z jiného kovu a jeden spoj je zahříván, takže působí jako termoelektrický zdroj o elektromotorickém napětí  $U_e$ . Odpor kolejnic a jejich koncové spojky je zanedbatelný. Celkový odpor obvodu  $R$  je dán odporem drátu, ze kterého je vyrobeno soukolí, a přechodovým odporem mezi soukolím a kolejnicemi. Celá aparatura se nachází v homogenním magnetickém poli o indukci  $B$  směřující vzhůru.

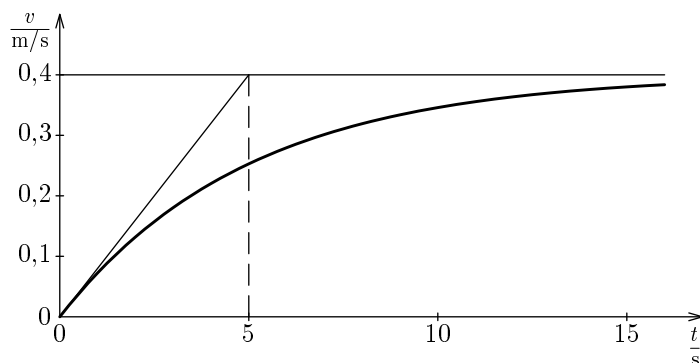


Obr.4

- a) Po položení na kolejnice se soukolí začalo pohybovat vpravo a jeho rychlost se měnila podle následujícího grafu. Závislost lze popsat funkcí

$$v = C (1 - e^{-kt}) .$$

Určete z grafu konstanty  $C$  a  $k$ .



- b) Jaké napětí  $U_i$  se indukuje v soukolí, jaký proud  $I$  prochází obvodem a jaké je zrychlení soukolí  $a$ , jestliže rychlost soukolí dosáhla hodnoty  $v$ ?
- c) Užitím hodnot  $C$  a  $k$  určete  $B$  a  $R$ , je-li dáno  $U_e = 11 \text{ mV}$ ,  $l = 20 \text{ cm}$ ,  $m = 2 \text{ g}$ .
- d) Určete čas  $t_1$ , ve kterém rychlost vozíku dosáhla hodnoty  $v_1 = 0,30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Jaký náboj  $Q_1$  do té doby prošel obvodem a jaká energie  $E_1$  byla odebrána ze zdroje?
- e) Část energie  $E_1$  se přeměnila na kinetickou energii soukolí. Jaká je účinnost této přeměny. Na jakou energii se přeměnila zbývající část?

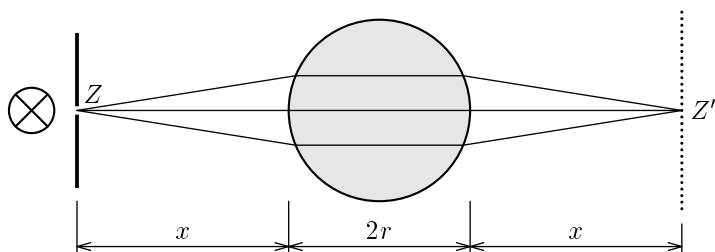
**6. Praktická úloha. Měření indexu lomu kapaliny pomocí válcové nádoby**

*Pomůcky:* větší tenkostěnná válcová nádoba (např. chemická kádinka o objemu 1 litr nebo čirá plastová láhev od limonády), délková měřidla, štěrbinový zdroj světla, stínítko, milimetrový papír, různé kapaliny

*Popis měřicích metod:*

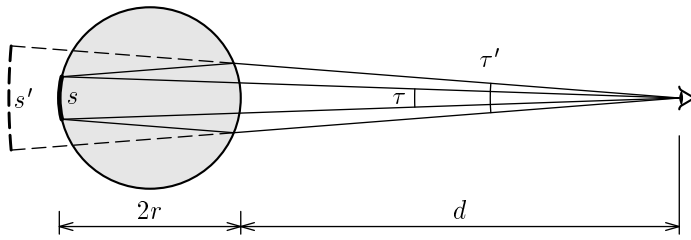
- A. Osvětíme-li svislou tenkostěnnou válcovou nádobu o poloměru  $r$ , která je naplněna kapalinou, štěrbinovým zdrojem světla se svislou štěrbinou, můžeme za válcem zachytit na stínítko obraz štěrbinu vytvořený lomem světla na stěnách nádoby. Vzdálenost  $x$  štěrbinu od nádoby upravíme tak, aby vzdálenost obrazu od nádoby byla stejná (obr. 5). V takovém případě platí pro index lomu kapaliny v nádobě

$$n = \frac{x + r}{x} . \quad (1)$$

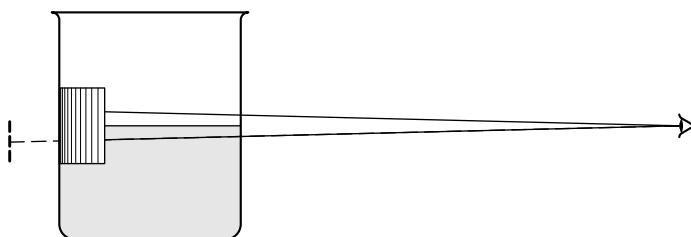


Obr. 5

- B. Nádobu naplníme jen částečně a na stěnu nádoby připevníme proužek milimetrového papíru tak, aby hladina kapaliny dosahovala do poloviny proužku (obr. 6).



Obr. 6



Obr. 7

Díváme-li se na nádobu z druhé strany ze vzdálenosti  $d$ , vidíme nad hladinou milimetrovou síť ve skutečné velikosti a pod hladinou pozorujeme zdánlivý zvětšený obraz sítě vytvořený lomem světla na válcové ploše. Malý úsek sítě o délce

$s = 1$  cm vidíme nad hladinou pod zorným úhlem  $\tau$ , jeho obraz  $s'$  pod zorným úhlem  $\tau'$  (obr. 7). Ze vzájemné polohy svislých čar sítě a jejího obrazu odečteme snadno úhlové zvětšení obrazu  $\gamma = \tau'/\tau$ . Index lomu kapaliny pak můžeme vypočítat ze vztahu

$$n = \frac{2(d+r)\gamma}{2r+d+\gamma d}. \quad (2)$$

Například pro  $d = 8r$  platí

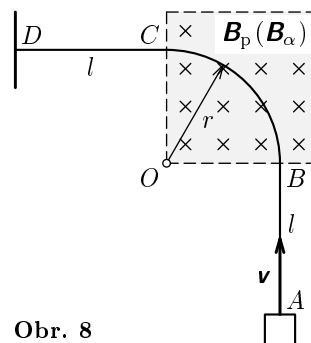
$$n = \frac{9\gamma}{5+4\gamma}.$$

Úkoly:

- Odvoďte vztahy uvedené v popisu měřicích metod. Vysvětlete, proč se nepočítá s indexem lomu materiálu, ze kterého je vyrobena nádoba.
- Změřte index lomu vody a dalších kapalin (technického benzínu, denaturovaného lihu apod.) Zhodnoťte přesnost získaných výsledků.

Předpokládejte, že při zobrazení se uplatní především paprsky jdoucí blízko roviny souměrnosti soustavy.

7. V zařízeních, které využívá fyzika vysokých energií, bývá někdy nutné změnit směr toku nabitých částic působením magnetického pole. Trajektorie částic necht' se v konkrétním případě skládá z kruhového oblouku  $BC$  o poloměru  $r$  a lineárních úseků  $AB$  a  $CD$  délky  $l = 4r/3$  (obr. 8). Homogenní magnetické pole má magnetickou indukci  $\mathbf{B}$  kolmou k nákrešné a je omezeno na prostor, jehož půdorys je vymezen vyznačeným čtvercem. Částice mají rychlost  $\mathbf{v}$ .



Obr. 8

- Částicemi necht' jsou nejprve protony, přičemž jejich rozložení na trajektorii je rovnoměrné s délkovou hustotou náboje  $\tau$ .
  - Určete velikost indukce  $\mathbf{B}_p$ , aby došlo k požadovanému zakřivení trajektorie.
  - Určete směr a velikost indukce magnetického pole  $\mathbf{B}_{0p}$ , kterou vyvolá ve středu křivosti  $O$  tok protonů na trajektorii  $ABCD$  a porovnejte ji s  $\mathbf{B}_p$ .
  - Relativistickým výpočtem určete kinetickou energii  $E_p$  všech protonů, které jsou v určitém okamžiku na trajektorii mezi body  $A$ ,  $D$ .
- Částicemi necht' jsou nyní částice  $\alpha$ , jejichž celkový počet na trajektorii  $AD$  je stejný jako počet protonů. Analogicky určete
  - potřebnou indukci  $\mathbf{B}_\alpha$ ,
  - indukci  $\mathbf{B}_{0\alpha}$  v bodě  $O$ ,
  - celkovou kinetickou energii všech částic  $\alpha$  mezi body  $A$ ,  $D$ .

Řešte obecně a pro  $r = 500$  mm,  $v = 1,0 \cdot 10^8$  m·s<sup>-1</sup>  $\tau = 2,0 \cdot 10^{-11}$  C·m<sup>-1</sup>. Potřebné konstanty najdete ve studijním textu.