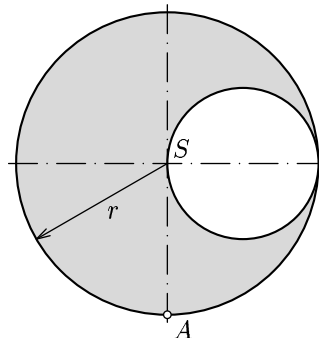


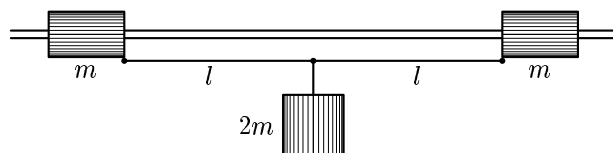
Úlohy 1. kola 42. ročníku fyzikální olympiády. Kategorie A

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

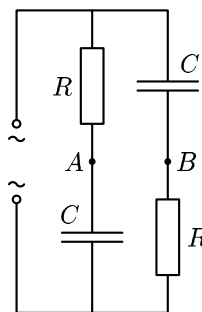
2. Dva stejné osově provrtané válce o hmotnostech m jsou navléknuty na hladkou vodorovnou tyč a spojeny tenkou pevnou neroztažitelnou nití délky $2l$. Nit je téměř vodorovná, ale bez napětí (obr. 2). Do středu nití umístíme podepřené závaží o hmotnosti $2m$ a uvolníme je. Určete, jaké největší rychlosti 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 Hz , 240 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?

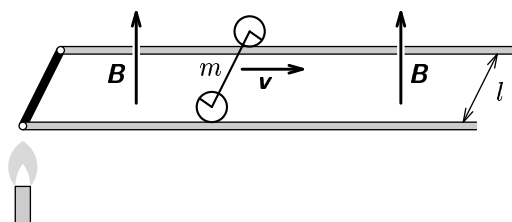


Obr. 3

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, kdybychom 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.

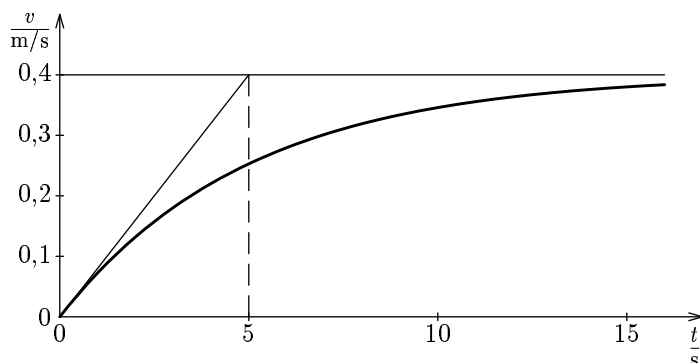


Obr.4

- 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?

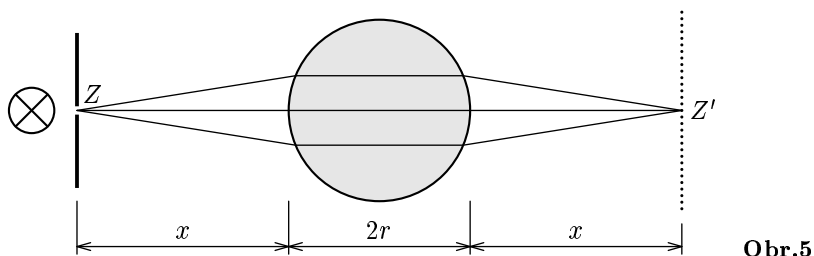
6. Praktická úloha. Měření indexu lomu kapaliny pomocí válcové nádoby

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

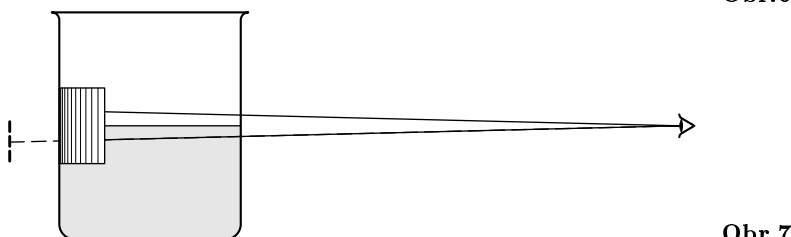
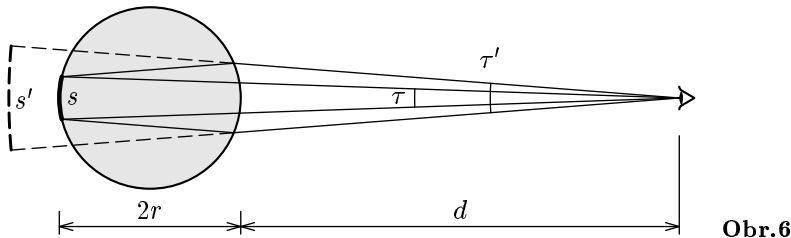
Popis měřicích metod:

- A. Osvětlíme-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

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



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



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 τ , jeho obraz s' pod zorným úhlem τ' (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

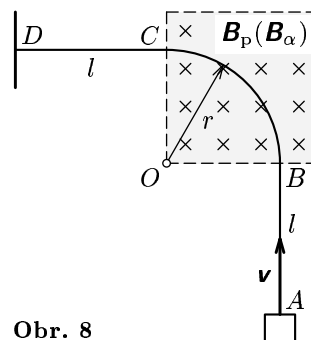
$$n = \frac{9\gamma}{5+4\gamma}.$$

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 nechť 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 nákretně a je omezeno na prostor, jehož půdorys je vymezen vyznačeným čtvercem. Částice mají rychlost $\mathbf{v}$.



Obr. 8

- Částicemi nechť jsou nejprve protony, přičemž jejich rozložení na trajektorii je rovnoměrné s délkovou hustotou náboje τ .
 - 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 nechť jsou nyní částice α , 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 α mezi body A , D .

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