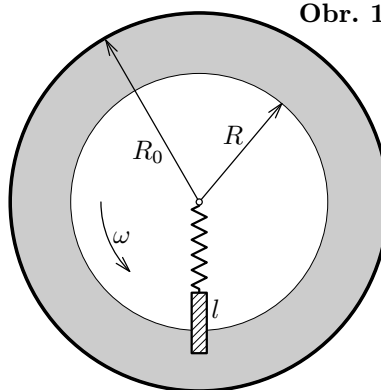


Úlohy 1. kola 38. ročníku fyzikální olympiády. Kategorie A

1. a) Homogenní tyč AB délky l a hmotnosti m postavenou do svislé polohy uvolníme a necháme, aby se skácela na vodorovnou podlahu. Dolní konec je kloubově spojen s podlahou. Jak se bude během pohybu měnit síla, kterou bude dolní konec tyče působit na podlahu, v závislosti na odchylce φ tyče od svislého směru?
- b) Spodní konec tyče nebude upevněn, ale jen opřen o podlahu. Při jaké odchylce od svislého směru začne dolní konec tyče podkluzovat a na kterou stranu, má-li součinitel smykového tření mezi tyčí a podlahou hodnotu f ?
- c) Teoretické výsledky části b) ověřte experimentálně pomocí delší dřevěné tyčky na podlahách s různým povrchem (umakart, sklo, PVC, koberec apod.).

Řešte nejprve obecně, potom pro hodnoty $l = 2,0$ m, $m = 2,0$ kg, tíhové zrychlení $g = 9,8 \text{ ms}^{-2}$. Tloušťku tyče a odpor vzduchu zanedbáváme. Část b) řešte pro $f = 0,20$ a pro $f = 0,50$.

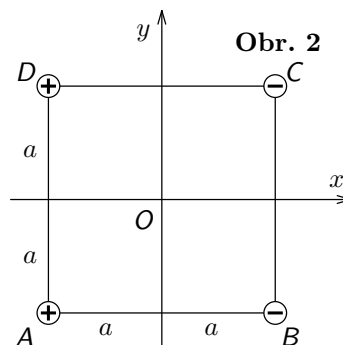
2. Čtenářům literatury sci-fi připomene řešená situace tzv. „válcové moře“ z knihy A. C. Clarka *Setkání s Rámou*: Válcová nádoba o poloměru R_0 , ve které je určité množství kapaliny o hustotě ϱ_0 , rotuje v beztlížném stavu kolem osy válce úhlovou rychlostí ω . Hladina kapaliny vytvoří válcovou plochu o poloměru R . K ose válce je pružinou o tuhosti k a zanedbatelné hmotnosti zavěšena tyč s plošným obsahem průřezu $S \ll R^2$ a s hustotou ϱ , která zasahuje do kapaliny a slouží jako ukazatel úhlové rychlosti válce (obr.1).



Obr. 1

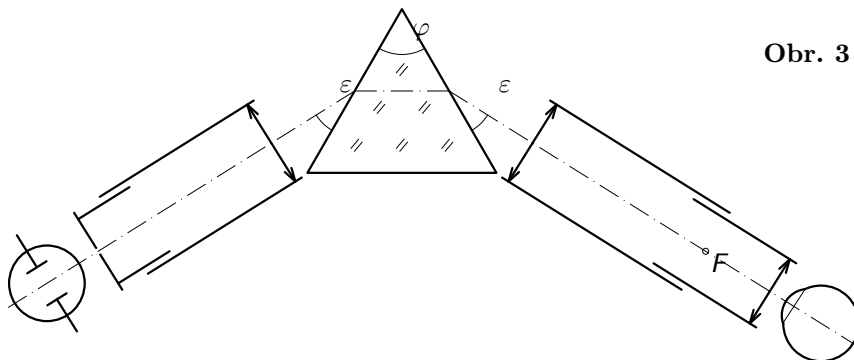
- a) Jak závisí tlak v kapalině na vzdálenosti od hladiny?
- b) Jaká vztlačková síla působí na tyč ze zadání úlohy, jestliže není zcela ponořena? Přeformulujte pro tento případ Archimédův zákon tak, aby platil ve vztažné soustavě spojené s rotujícím válcem.
- c) Určete, jak závisí hloubka h ponoření tyče do kapaliny na úhlové rychlosti válce, jestliže délka l tyče je rovna vzdálenosti hladiny od pláště válce, $l = R_0 - R$ a klidová délka pružiny je $R - l$. Proveďte diskusi řešení.
- d) Vypočítejte hloubku ponoření tyče pro konkrétní hodnoty:
 $R_0 = 1,50$ m, $R = 1,00$ m, $\varrho_0 = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $\varrho = 500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,
 $\omega = 10 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$, $S = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$, $k = 40 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$.

3. Čtverec $ABCD$ o straně $2a$ se nachází ve vakuu. Ve vrcholech A, D jsou umístěny stejné kladné bodové náboje o velikosti Q . Ve vrcholech B, C jsou umístěny dva stejné záporné bodové náboje o velikosti $-Q$. Vzájemnou soustavu zvolíme tak, že počátek je ve středu čtverce a osy x a y jsou rovnoběžné se stranami čtverce (obr. 2).



- Vyšetřete průběh elektrického potenciálu a intenzity elektrického pole podél osy x .
- Vyšetřete průběh elektrického potenciálu a intenzity elektrického pole podél osy y .

4. Spektroskop Bunsenův–Kirchhoffův (obr. 3) je opatřen hranolem z flintového skla o lámavém úhlu $\varphi = 60^\circ$. Štěrbina kolimátoru leží v ohnisku achromatické spojky, takže na hranol dopadají paprsky rovnoběžné s optickou osou kolimátoru. Dalekohled spektroskopu je zaostřen na nekonečno. Jeho objektiv a okulár mají rovněž vykompenzovanou barevnou vadu a jejich ohniskové vzdálenosti jsou $f_1 = 10,0$ cm, $f_2 = 2,5$ cm. Optické osy kolimátoru a dalekohledu byly nastaveny tak, že s lámavými stěnami hranolu svírají stejné úhly $\varepsilon = 28,0^\circ$. Spektroskopem budeme pozorovat spektrum heliové výbojky, které má ve viditelném oboru 7 výrazných spektrálních čar. Krajiní červené čáře přísluší vlnová délka $\lambda_c = 706,5$ nm, krajní fialové čáře přísluší vlnová délka $\lambda_f = 447,1$ nm.



- Jakou vzájemnou vzdálenost budou mít uvedené spektrální čáry v ohniskové rovině objektivu dalekohledu?
- Pod jakým zorným úhlem uvidí obě čáry pozorovatel, který se bude dívat do okuláru?

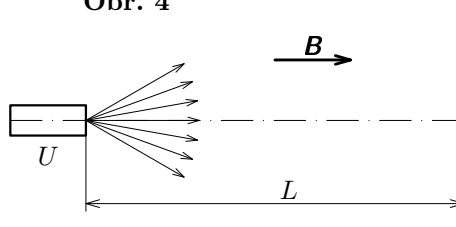
Indexy lomu flintového skla pro dané vlnové délky určete pomocí školních MFCh tabulek.

5. Z výstupního otvoru elektronové trysky vystupuje svazek elektronů urychlených napětím $U = 5,00$ kV a dopadá na stínítko umístěné ve vzdálenosti $L = 30,0$ cm kolmo

k ose trysky. Celé zařízení je ve vakuu, střed stínítka leží na ose trysky (obr. 4).

- a) Dokažte, že elektrony, jejichž rychlosti jsou málo odchýlené od osy trysky, můžeme soustředit do středu stínítka působením homogenního magnetického pole, jehož magnetická indukce $\mathbf{B}$ je rovnoběžná s osou trysky. Určete nejmenší hodnotu $B_{\min}$, při které dojde k zaostření.

Obr. 4

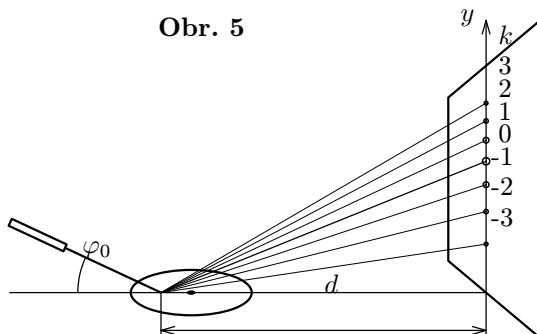


- b) Jak daleko od středu stínítka dopadne v tomto případě elektron, jehož rychlost bude při výstupu z trysky odchýlena od osy o úhel $\alpha = 30^\circ$?

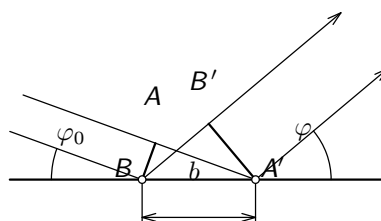
6. Praktická úloha: Měření vlnové délky světla laseru pomocí gramofonové desky. Měření hustoty záznamových stop na kompaktním disku

Teorie: Laserový paprsek si můžeme představit jako zhruba 1 mm široký tok rovinných vlnoploch koherentního monochromatického záření. Dopadá-li šikmo s malou odchylkou φ_0 na vodorovnou gramofonovou desku, zasáhne větší počet drážek zvukového záznamu. Pravidelně uspořádané lesklé rovinné mezery mezi drážkami se chovají jako optická mřížka na odraz, mřížková konstanta b je rovna vzdálenosti středů sousedních drážek. Na svislém stínítku postaveném nedaleko desky vznikne difrakční jev tvořený svislou řadou svítících bodů v rovině dopadu laserového paprsku (obr. 5).

Obr. 5



Obr. 6



Interferenční maxima vznikají ve směrech, ve kterých dráhový rozdíl δ elementárních vlnění vycházejících ze sousedních odrazných plošek je roven celistvému násobku vlnové délky světla. Odchylky světelného paprsku, pro které je to splněno, určíme na základě obr. 6. Platí

$$\delta = AA' - BB' = b \cos \varphi_0 - b \cos \varphi = k\lambda, \quad \lambda = \frac{b(\cos \varphi_0 - \cos \varphi)}{k}.$$

Celé číslo k se nazývá *řád* interferenčního maxima.

Interferenční maximum se nachází na stínítku ve výši $y = d \tan \varphi$, kde d je vzdálenost stínítka od bodu dopadu laserového paprsku. Z toho určíme

$\varphi = \arctg \frac{y}{d}$. Nejjasnější je interferenční maximum nultého řádu, které leží ve směru s odchylkou φ_0 ve výšce $y_0 = d \tg \varphi_0$, kde dráhový rozdíl všech odražených paprsků je nulový.

Nahradíme-li gramofonovou desku kompaktním diskem, jehož záznamové stopy mají mnohem větší hustotu, interferenční jev se zjednoduší. Na stínítku se vytvoří jen maximum nultého řádu a vysoko nad ním maximum prvního řádu. Vztahy odvozené pro gramofonovou desku platí i v tomto případě.

Úkoly:

- Gramofonovou desku nasadíte na gramofon, změřte dobu t nahrávky a zkontrolujte periodu T otáčení gramofonového talíře. Změřte největší poloměr r_1 a nejmenší poloměr r_2 záznamové drážky. Z těchto údajů vypočítejte vzdálenost b středů sousedních drážek.
- Sestavte pokus podle obr. 5 a proměřte parametry difrakčního jevu. Z nich určete vlnovou délku světla použitého laseru. Vzdálenost d stínítka od bodu odrazu volte alespoň 1 m, $\varphi_0 \doteq 10^\circ$.
- Nahradte gramofonovou desku kompaktním diskem a vodorovnou vzdálenost d stínítka zmenšete asi na 30 cm. Proměřte parametry difrakčního jevu a určete vzdálenost b' středů sousedních záznamových stop na disku.
- Jednotlivé drážky gramofonového záznamu na sebe plynule navazují a tvoří spirálu. Totéž můžeme říci i o záznamových stopách kompaktního disku. Porovnejte délky obou spirál.

Upozornění: Měření smí být provedeno jen s laserem malého výkonu, například s laserovým ukazovátkem. I v takovém případě je nutno vyvarovat se přímého pohledu do laserového paprsku!

Poznámky: Laserový paprsek bývá lineárně polarizovaný. Nejvíce se odráží, jestliže elektrická složka jeho kmitů je kolmá k rovině dopadu. Toho dosáhneme otáčením laseru kolem osy, až je pozorovaný interferenční jev nejintenzivnější. Některá laserová ukazovátka vyzařují širší světelný svazek, který se soustřeďuje až ve vzdálenosti několika metrů. V takovém případě je vhodné doplnit ukazovátka spojkou o malé optické mohutnosti, která stopu na stínítku zaostří.

- „Jižní část Bristolské katedrály byla pokryta olověným plechem, volně položeným na dřevěný krov. Sklon střechy byl poměrně mírný, ale plech přesto postupně sklouzával dolů, téměř o 20 palců za první dva roky.“

Popsaný skluz byl způsoben teplotními změnami během dne. Uvažme modelový případ. Na dřevěném prkně se sklonem 20° je položena obdélníková hliníková deska, přičemž strana o délce $L = 80$ cm má směr sklonu prkna. Přes den se teplota prkna s deskou zvýší na 45°C , v noci teplota poklesne na 15°C . Určete, o jaký úsek se deska posune za 30 dní.

Součinitelé teplotní délkové roztažnosti jsou pro hliník $\alpha_{\text{Al}} = 23 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ a pro dřevo $\alpha_{\text{d}} = 4,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, součinitel smykového tření mezi dřevem a deskou je $f = 0,70$. Předpokládejte, že tlaková síla desky je rozložena po celé dotykové ploše rovnoměrně.