

## FX 1 Elektrický magnet

Majme nekonečne dlhý nabitý vodič s konštantnou dĺžkovou hustotou náboja  $\lambda$ , ako na obrázku 1.

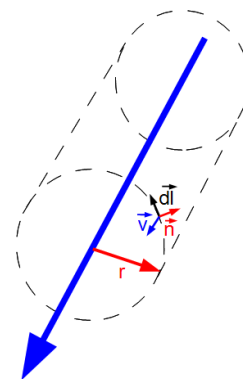
(a) Ako vyzerá elektrické pole  $\mathbf{E}$  v okolí kábla?

Predstavme si, že iný pozorovateľ sa pozerá na vodič z okna vlaku pohybujúceho sa rovnobežne konštantnou rýchlosťou  $-\mathbf{v}$ . Z jeho pohľadu sa náboj vo vodiči pohybuje rýchlosťou  $\mathbf{v}$  a teda vytvára elektrický prúd  $I$ .

(b) S použitím Gaussovho zákona v pohybujúcej sa sústave zistíte, čomu sa rovná výraz  $\frac{1}{c^2} \oint (\mathbf{v} \times \mathbf{E}) \cdot d\mathbf{l}$ .

S pomocou Ampérovho zákona určte magnetické pole  $\mathbf{B}$ . (Relativistické efekty ( $\gamma \approx 1$ ,  $\mathbf{E}' = \mathbf{E}$ ) zanedbajte.) Integruje sa po obode kružnice s polomerom  $r$  s vodičom v strede (takže  $d\mathbf{l}$  a  $\mathbf{v}$  sú navzájom kolmé).<sup>1</sup>

Zistenie, že magnetizmus a elektrina sú jedným a tým istým javom z pohľadu pohybujúceho sa pozorovateľa viedlo Einsteina k objavu špeciálnej teórie relativity.



Obr. 1

(c) Vydedukujte magnetické pole v okolí bodového náboja  $Q$  pohybujúceho sa rovnomernou rýchlosťou  $\mathbf{v}$ .

## FX 2 Star Gate

Predstavte si vesmír (do ktorého sa, ako inak, dá dostať vesmírnou bránou Star gate), v ktorom by príťažlivá gravitačná sila neklesala s druhou, ale s treťou mocninou vzdialenosti. Uvažujte v ňom hviezdu a teleso vrhnuté v konečnej vzdialenosti od nej rýchlosťou  $v$  kolmo na spojnicu s hviezdou.

(a) Ukážte, že každé teleso buď spadne na povrch hviezdy alebo uletí do nekonečna mimo gravitačný dosah hviezdy.

(b) Ktorý z týchto javov nastane v závislosti na rýchlosti vrhu telesa  $v$  a vzdialenosti od hviezdy  $R$  pre všeobecný smer vrhu  $\phi$  voči spojnici s hviezdou?

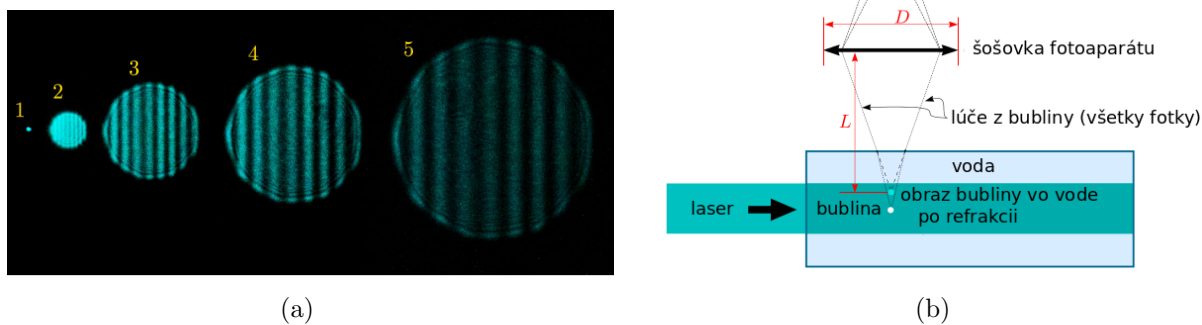
(c) Ako bonus sa zamyslite, či dokážete podobné tvrdenie ukázať pre gravitačné pole ktorého sila klesá so vzdialenosťou s ešte vyššou mocninou vzdialenosti.

## FX 3 Bublincová voda

Ak v chladnejších oblastiach napustíte vodu z kohútika, tak je nepriehľadná, zafarbená na bielo. Pri nízkej teplote a vysokom tlaku v potrubí sa totiž vo vode dobre rozpúšťa vzduch. Pri vypustení z kohútika prudko klesne tlak, voda sa začne ohrievať a vylúčia sa z nej malé vzduchové bublinky. Vašou úlohou je na základe experimentu určiť priemer jednej takej bublinky.

Do akvária s vodou, v ktorej vznikli bublinky, sme z boku zasvietili laserom a jednu z bubliniek päťkrát zhora odfotili (obrázok 2a). Pri prvej fotke bol fotoaparát zaostrený na bublinku, pri ďalších bol obraz postupne rozostrovaný.

<sup>1</sup>Pre kurz Gaussovho zákona odporúčame stranu 83 v zbierke FX.



Obr. 2

Fotoaparát môžeme zjednodušene považovať za jednu šošovku vzdialenú  $L = 30$  cm od bublinky, s priemerom  $D = 3.6$  cm a ohniskovou vzdialenosťou pri prvej fotke  $f = 10$  cm (schéma na obrázku 2b). Index lomu vody je  $n = 1.3$  a vlnová dĺžka laseru  $\lambda = 488$  nm. Ďalej môžete predpokladať, že:

- laser svieti kolmo na rovné steny akvária (na bublinku teda svieti rovný lúč),
- bublinka je celá vnútri laserového lúča,
- chyba  $L$  spôsobená lomom lúčov pri prechode z vody do vzduchu (predmety vo vode vyzerajú bližšie ako v skutočnosti) je zanedbateľná,
- fotoaparát umožňuje tzv. vnútorné rozostrenie, pri ktorom sa nemení vzdialenosť  $L$ , ale iba ohnisková vzdialenosť,
- ohnisková vzdialenosť sa pri rozostrení nemenila o viac ako 10%.

*Hint: začnite rozborom lúčov dopadajúcich na povrch bublinky pod rôznym uhlom; ktoré lúče eventuálne dopadnú na šošovku? V prípade potreby môžete hľadať len číselné výsledky pre daný index lomu. Ďalší hint skrývajú samotné fotky.*