

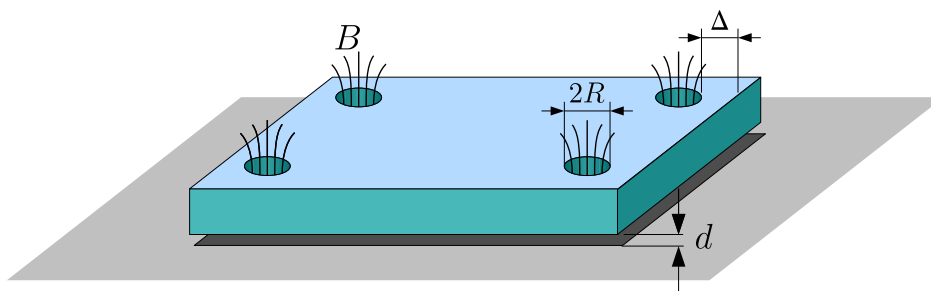
FX4 Reľaz (opravuje Bzdušo)

Cez valec je symetricky prehodená reľaz dĺžky L . Keďže trenie medzi valcom a reľazou je nulové, reľaz sa začne spontánne zosúvať. Aká bude rýchlosť reľaze v čase, keď nadobudne tvar úsečky? Predpokladajte, že polomer valca je oproti dĺžke reľaze zanedbateľný.

FX5 Supravodivá doska (opravuje Xellos)

Uvažujte obdĺžnikovú dosku zo supravodivého materiálu, ktorej hmotnosť je m . Doska obsahuje štyri identické kruhové otvory s polomerom R , jeden pri každom rohu vo vzdialenosti Δ od okraja. Každým výrezom prechádza nejaký (pre všetky výrezy rovnaký) tok magnetického poľa. Túto dosku umiestnime nad veľkú horizontálnu podložku, ktorá je taktiež v supravodivom stave. Magnetické pole uväznené v otvoroch spôsobuje, že doska zostane levitovať vo výške d nad podložkou, pričom $d \ll R, \Delta$.

Doska dokáže vykonávať malé kmity vo vertikálnom smere s frekvenciou f_0 . Aká bude perióda týchto kmitov, ak dosku zatažíme dodatočnou hmotnosťou M ?



Hint: Supravodiče vypudzujú zo svojho objemu všetko magnetické pole. Magnetický tok otvorami je preto „uväznený“ a na jeho zmenu je potrebné zahriať supravodič do normálneho stavu. Odtienenie magnetického poľa z objemu sa zabezpečuje povrchovými prúdmi. Do istej miery je to analogické vodičom, ktoré zo svojho objemu odtienujú elektrické pole, čo sa dosahuje povrchovou hustotou náboja. Postup „elektrického zrkadlenia“ na vodiči má taktiež svoju analógiu v „magnetickom zrkadlení“ na supravodiči.

FX6 Navigácia (opravuje Jakub)

Navigácia GPS pozostáva z najmenej 24 satelitov, ktoré obiehajú okolo Zeme vo vzdialenosti $h = 26\,600$ km od jej stredu rýchlosťou $v \sim 3,9 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$. Všetky satelity si so sebou nesú atómové hodiny a sú vzájomne zosynchronizované. V istých časových intervaloch satelity simultánne vysielajú signál, ktorý obsahuje informáciu o ich orbitálnej polohe a čase vyslania signálu. Využitím tejto informácie z viacerých satelitov dokáže prijímač na Zemi určiť svojhu polohu. V tejto úlohe si ukážeme, že na správne fungovanie navigácie je potrebné zahrnúť relativistické korekcie.

Podľa Einsteinovho princípu ekvivalencie je zrýchľujúca vzťažná sústava nerozlišiteľná od pokojnej sústavy nachádzajúcej sa v homogénnom gravitačnom poli.

- a) Pomocou výpočtov v zrýchľujúcej sústave ukážte, že čas v gravitačnom poli sa spomaľuje. Konkrétne odvodte, že v slabom homogénnom gravitačnom poli ($gH \ll c^2$) platí pre podiel tikania identických hodín vo výškach $h = 0$ a $h = H$

$$\frac{T_H}{T_0} = 1 - \frac{gH}{c^2},$$

kde g je gravitačné zrýchlenie. Obom hodinám trvá, samozrejme, tiknutie vo *svojej* vzťažnej sústave rovnako dlho. Rozdiel je pozorovateľný, ak sa na obe hodiny nahliada v *jedinej* vzťažnej sústave.

Dá sa ukázať, že v nehomogénnom gravitačnom poli, napr. radiálnom gravitačnom poli Zeme, sa predošlý vzťah zovšeobecňuje na

$$\frac{t_1}{t_2} = 1 - \frac{\phi}{c^2}$$

kde ϕ je rozdiel gravitačných potenciálov medzi bodmi 1 a 2.

- b) Zistite, o koľko sa rozladia atómové hodiny od pozemských v priebehu jedného dňa v dôsledku špeciálnej relativity (obeh hodín okolo Zeme) a v dôsledku gravitačného poľa.

Tento problém sa dá vyladiť, ak na orbitu vynesieme atómové hodiny tikajúce pomalšie.

- c) Odhadnite, aká by bola nepresnosť určenia našej polohy na Zemi po jednom dni od spustenia navigácie, ak by sme atómové hodiny na orbite nevyriadili.