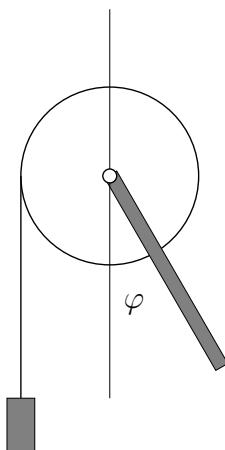


IZBIRNO TEKMOVANJE ZA OLIMPIJSKO EKIPO

Ljubljana, 20. 4. 2018

Na listu so tri naloge, čas reševanja nalog je 120 minut.

1. Sistem sestavljata utež z maso m , ki visi na lahki neraztegljivi vrvi, naviti na vreteno s polmerom $r = 10$ cm, in palica z maso $M = 1$ kg in dolžino $l = 50$ cm, ki je toga pritrjena na vreteno, kot kaže slika. Sistem ima za $m = 1,25$ kg na intervalu $0 \leq \varphi \leq \pi$ dve ravnovesni legi, prvo pri $\varphi = \pi/6$ in drugo pri $5\pi/6$.



- a) Pokaži, da je možno potencialno energijo sistema zapisati v brezdimenzijski obliki

$$V(\varphi) = \frac{W_{\text{pot}}}{mgr} = -\varphi + p(1 - \cos \varphi).$$

Izrazi parameter p s parametri sistema m , M , r in l . Pri kateri vrednosti φ je tako zapisana potencialna energija sistema enaka nič? [2 točki]

- b) Kolikšna je vrednost parametra p za sistem, opisan v uvodnem delu besedila? Skiciraj potek brezdimenzijske potencialne energije za dva obrata vretena ($0 \leq \varphi \leq 4\pi$) pri tej vrednosti. Označi točke, ki ustrezajo ravnovesnim legam. [2 točki]

- c) Če spremenimo parametre sistema, se spremeni vrednost parametra p . Kolikšna je mejna vrednost parametra p , pri kateri ravno še obstajajo ravnovesne lege sistema? Kolikšni koti φ ustrezajo tem legam? [2 točki]

- d) Skiciraj potek potenciala za dva obrata vretena ($0 \leq \varphi \leq 4\pi$) še za dve vrednosti p : pri mejni vrednosti iz vprašanja c), in v primeru, ko ravnovesne lege več ne obstajajo. Lahko rišeš nov graf ali pa uporabiš isti graf kot pri b), le jasno označi, katera krivulja pripada kateri vrednosti p . [2 točki]

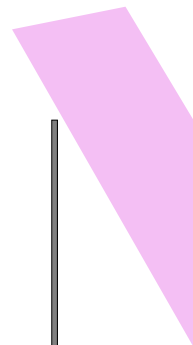
- e) V primeru, ko obstaja stabilna ravnovesna lege, določi frekvenco nihanja za majhne odmike kota φ od ravnovesne lege. Frekvenco izrazi s parametri modela m , M , r in l . [3 točke]

Namig: Morebiti boš potreboval adicijski izrek $\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$ in približka $\sin \alpha \approx \alpha$, $\cos \alpha \approx 1$ za $\alpha \ll 1$.

- f) V primeru, ko obstaja *labilna* ravnovesna lega, pokaži, da začneta pri poljubno majhnem odkliku iz ravnovesne lege tako odklik kot kotna hitrost naraščati *eksponentno* s časom. Določi eksponent. [4 točke]

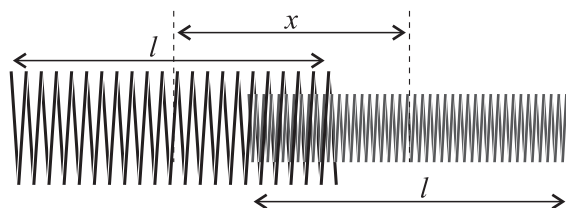
Namig: Najprej pokaži, da iz ohranitve energije sledi, da je kotna hitrost premo sorazmerna z odklikom iz ravnovesne lege. V tem primeru uporabi adicijski izrek $\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$ in upoštevaj, da lahko za $\alpha \ll 1$ uporabimo približek $\cos \alpha \approx 1 - \frac{1}{2}\alpha^2$.

2. Ploščati kondenzator postavimo v posodo, v kateri je vakuum. Razmik med ploščama je 6,0 cm, ploščina vsake plošče je 100 cm². Na notranjo ploskev ene od plošč kondenzatorja vpada širok snop UV svetlobe z valovno dolžino 275 nm pod kotom 60° glede na pravokotnico na ploščo, kot kaže slika. Plošči sta iz cinka z izstopnim delom 3,7 eV. Plošči na začetku nista nabiti. Osnovne konstante: $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Js, $e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19}$ As, $c = 3,0 \cdot 10^8$ m/s, $\epsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12}$ As/Vm.



- a) Kolikšen naboj se nabere na vsaki od plošč kondenzatorja po dovolj dolgem času? [3 točke]
- b) Kolikšen električni tok steče med ploščama na začetku, če je gostota svetlobnega toka 1,0 W/m² in je osvetljena celotna notranja ploskev ene od plošč. Upoštevaj, da je kvantni izkoristek cinkove plošče 10⁻⁵. Kvantni izkoristek pove, s kolikšno verjetnostjo foton izbije iz plošče elektron. [2 točki]
3. Imamo dve tesno naviti dolgi tuljavi, vsaka ima N ovojev in dolžino l . Prečni presek prve tuljave je S_1 , prečni presek druge tuljave je S_2 . To, da sta tuljavi dolgi, pomeni $S_1, S_2 \ll l^2$. Drugo tuljavo z manjšim presekom ($S_2 < S_1$) lahko brez trenja premikamo vzdolž skupne osi obeh tuljav tudi, ko sega v prvo tuljavo. Skozi obe tuljavi poganja tok tokovni vir, ki skrbi, da je tok v obeh tuljavah enak I in da je ves čas konstanten. Tuljavi sta priključeni tako, da je smer magnetnega polja v obeh usmerjena enako. Koristiti ti utegne podatek, da je polje dolge tuljave znotraj tuljave v zelo dobrem približku enako $B = \mu_0 IN/l$, kjer je μ_0 induksijska konstanta.

Središči tuljav sta na skupni simetrijski osi tuljav na razdalji $x < l$, kot kaže slika. Na sliki je število navojev tuljav za vsako tuljavo različno zato, da se bolje vidi lega ene tuljave glede na drugo, v resnici je število ovojev enako za obe tuljavi. Privzemi, da je magnetna energija polja zunaj dolge tuljave zanemarljiva v primerjavi z energijo magnetnega polja znotraj tuljave, in zanemari nehomogenosti magnetnega polja na krajiščih tuljav. Gostota magnetne energije na mestu z gostoto magnetnega polja B je $w_m \equiv \frac{\Delta W_m}{\Delta V} = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0}$.



- a) Kolikšno je magnetno polje znotraj in zunaj manjše tuljave v tistem delu večje tuljave, kjer je mala tuljava znotraj večje? [1 točka]
- b) Izpelji in zapiši izraz za celotno magnetno energijo sistema tuljav W_m v odvisnosti od razdalje x . [2 točki]
- c) Izpelji in zapiši izraza za inducirani napetosti U_1 in U_2 na vsaki od tuljav, ko drugo tuljavo vlečemo iz prve s hitrostjo v . [3 točke]
Namig: Pri reševanju ti utegne pomagati razmislek o tem, kako se spremeni magnetni pretok skozi posamezen ovoj tuljave med relativnim gibanjem ene tuljave glede na drugo.
- d) Koliko dela opravi ali prejme tokovni vir v izbranem času t , medtem ko drugo tuljavo vlečemo iz prve na način, opisan v c) delu naloge? [1 točka]
- e) Izpelji in zapiši izraz za silo F , s katero je potrebno drugo tuljavo vleči iz prve oziroma s katero je potrebno tuljavi vleči vsako na svojo stran. [3 točke]