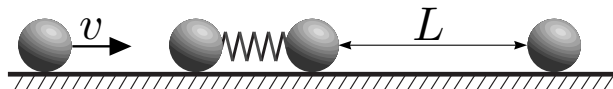


1. Hantel (6 punkti)

Kaks absoluutselt elastset ühesugust kuuli on ühendatud vedru abil nii, et moodustub hantli moodi süsteem. Kummagi kuuli mass on m , vedru jäikus on k , hantel lebab libedal horisontaalpinnal (kõikide kehade liikumise võib lugeda hõrdevabaks). Kolmas samasugune kuulike tuleb piki hantli telge vasakult poolt (vt joonis) kiirusega v hantli poole. Neljas samasugune kuulike lebab paremal pool hantlit horisontaalpinnal, asudes hantli teljel.

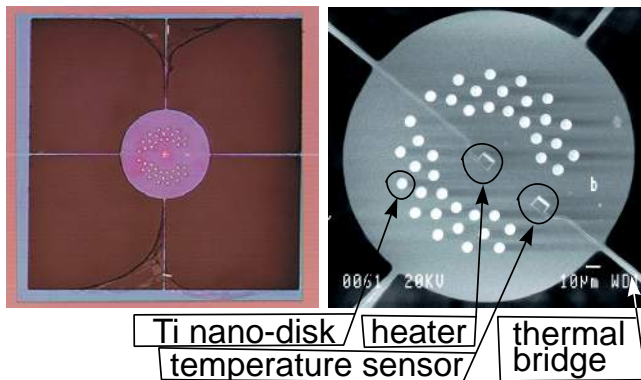
1) Milline on hantli massikeskme kiirus peale põrget vasakult tulnud kuuliga?

2) Milliste vahemaade L korral omandab neljas kuulike peale mõningaid kuulikeste põrkeid sellise kiiruse v , nagu oli algselt vasakpoolisel kuulil?



2. Mikrokalorimeeter (9 punkti)

Mikrokalorimeeter kujutab endast õhukest ringikujulist ränitriidist membraani, mis on soojuslikult isoleeritud ümbritsevatest asjadest, välja arvatud see, et ta on kinnitatud nelja kitsa soojuslikult juhtiva sillakese abil (joonisel “thermal bridge”) suurema plaadi külge, vt joonis. Mikrokalorimeeter on varustatud väikese soojusallikaga (“heater”), mis paikneb membraani keskel ja termomeetriga (“temperature sensor”), mis sarnaneb väliselt soojusallikaga ning paikneb serva pool. Seda mikrokalorimeetrit kasutatakse nano-skaalas titaaniumstruktuuride (heledad punktid joonisel) soojuslike omaduste uurimiseks. Soojusallika võimsus muutub ajas sinusoidaalselt, $P = P_0 \cos(\omega t)$ (negatiivne võimsus tähendab soojuse eemaldamist). Ringsagedus ω on piisavalt väike, nii et igal ajahetkel t võib lugeda, et mikrokalorimeetri temperatuur $T(t)$ on konstantne üle kogu tema pinna ning et sillakeste temperatuur on lineaarne funktsioon koordinaadist. Plaat, mille külge sillakesed on kinnitatud, on piisavalt paks ja suur, nii et tema temperatuuri T_0 võib lugeda ajas konstantseks. Neli sillakest on igaüks pikkusega L ning ristlõikepindalaga S ; nende soojusjuhtivustegur on κ . Soojusjuhtivustegur on defineeritud kui soojusvoog (mõõdetakse Wattides) pindalaühiku kohta eeldusel, et temperatuurilangus 1 meetri kohta on 1°C . Mikrokalorimeetri soojusmahtuvus (koos nanostruktuuridega) on C .



1) Leidke soojustakistus R mikrokalorimeetri ja plaadi vahel (st temperatuurivahe ja soojusvoo suhe).

Küsimuste (ii) ja (iii) puhul kasutage suurust R , st ärge asendage seda küsimuse (i) vastuse abil.

2) Kirjutage mikrokalorimeetri jaoks soojustasakaalu võrrand ja leidke mikrokalorimeetri temperatuur $T(t)$ funktsioonina ajast [võite otsida seda kujul $T = T_0 + \Delta T \sin(\omega t + \phi)$].

3) Selleks, et uurida Ti-struktuuride soojuslike omadusi, oleks vaja, et $T(t)$ sinusoidaalsete võnkumiste amplituud muutuks võimalikult palju väikese soojusmahtuvuse C muudu tulemusel (see muut on põhjustatud nanostruktuuridest). Leidke optimaalne ringsagedus ω_0 .

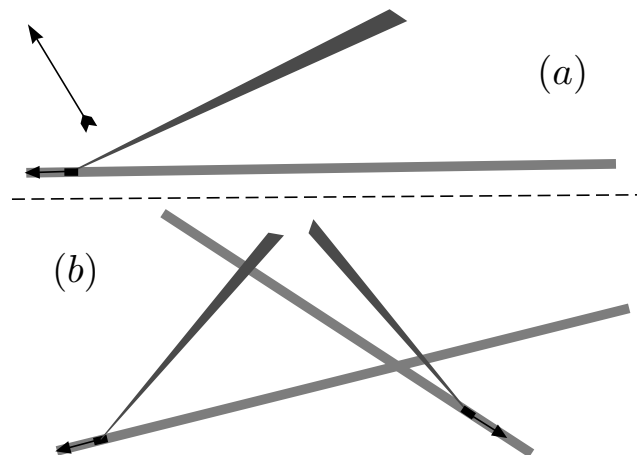
4) Me oleme seni eeldanud, et temperatuur muutub piki sillakesi lineaarselt, st nende soojusmahtuvus on tühiselt väike. Kõrgetel sagedustel $\omega \gtrsim \omega_c$ see eeldus enam ei kehti. Hinnake kriitilist sagedust ω_c , kasutades suurusi κ , L , sillakeste materjali erisoojus c ja tihedus ρ .

3. Traktor (6 punkti)

Juuresolevad skeemid (a) ja (b) on tehtud aerofotode põhjal, kusjuures mastaapide vahekorrad on säilinud. Need kujutavad traktoreid koos oma suitsusabadega. Traktorid liiguvad piki teed noolega märgitud suunas ühesuguste kiirustega $v_0 = 30 \text{ km/h}$. Skeemi (a) jaoks on tuule suund märgitud noolekese abil.

1) Kasutades skeemi, leidke tuule kiirus juhtumil (a).

2) Kasutades skeemi, leidke tuule kiirus juhtumil (b).



4. Magnetväli (6 punkti)

Magnetväli täidab piirkonda $x^2 + y^2 < R^2$; magnetvälja induktioon on B ning see on paralleelne z -teljega. Vaatleme elektroni kiirusega $v = RBe/m$ (kus e on tema laeng ja m — mass).

1) Visandage elektroni trajektoori, kui esialgu lähenes see magnetväljaga piirkonnale piki joont $y = 0$.

2) Kui palju aega veedab see elektron magneväljas?

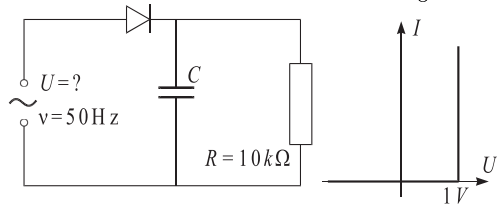
3) Vaatleme nüüd olukorda, kus elektron liigub algselt piki joont $y = a$ ($a < R$). Leidke magnetvälja läbimise tulemusel tekkinud elektroni kõrvalekaldenurk α .

5. Kuul (9 punkti)

Vahendid: joonlaud, klaaskuul, paberileht, markerpliats. Leidke klaaskuuli ja joonlaua vaheline hõõrdetegur. Hinnake katseviiga.

6. Alaldi (8 punkti)

Joonisel toodud skeemi kasutatakse koormuse $R = 10\text{ k}\Omega$ toitmiseks alalisvooluga $I = 2\text{ mA}$. Diiodi voltamperarakteristikut modelleerigem joonisel toodud graafikuga. On vaja, et voolutugevuse suhteline muutlikkus rahuldaks tingimust $\Delta I/I < 1\%$.



- 1) Milline on diiodil eralduv keskmine võimsus sellise skeemi töörežiimis?
- 2) Millist vahelduvpinget (st millise amplituudiga) on vaja rakendada skeemi klemmidele?
- 3) Milline peab olema kondensaatori mahtuvus?
- 4) Milline on diiodi keskmine võimsus esimese vönkeperioodi jooksul peale pinge rakendamist skeemi klemmidele?

7. Lõke (6 punkti)

Maha on tehtud lõke, kus põlevad niisked halud. Seitsme meetri kõrgusel maapinnast on suitsu temperatuur $t_7 = 40^\circ\text{C}$. Võite ignoreerida suitsu soojusvahetust ümbritseva õhuga ning eeldada, et (a) atmosfäärirõhk maapinnal $p_0 = 1000\text{ hPa}$ ei muutu ajas; (b) õhu temperatuur $t_0 = 20^\circ\text{C}$ ei sõltu kõrgusest¹. Suitsu võib lugeda ideaalseks gaasiks molaarmassiga $\mu = 29\text{ g/mol}$ (mis on võrdne ka õhu molaarmassiga) ja molaarse erisoojusega konstantsel rõhul $C_V = 2,5R$; gaasikonstant $R = 8,31\text{ J/kg}\cdot\text{K}$. Kui kõrgele kerkib suitsusammas?

8. Elektron (5 punkti)

Elektron on algselt paigal koordinaatide alguspunktis. Hetkel $t = 0$ lülitatakse sisse elektriväli, mille moodul on konstantne ja võrdne E_0 -ga, kuid mille suund pöörleb $x-y$ tasandis konstantse nurkkiirusega ω . Hetkel $t = 0$ on see paralleelne x -teljega.

- 1) Leidke elektroni keskmine kiirus üle pika ajavahemiku, kui $t > 0$.
- 2) Visandage elektroni trajektoor ning leidke selle geomeetriselised karakteristikud.

9. Asteroid (7 punkti)

Arvatakse, et asteroidide pörkumine Maaga on mänginud Maa ajaloos tähtsat rolli. Selles ülesandes uurime niisugust pörget. Konkreetse näitena kasutagem Apollo nimelise asteroidi orbitaalandmeid. Tema periheel on $0,65$ aü, st tema vähim kaugus Päikesest on $r_1 = \beta R$, kus $\beta = 0,65$ ja R tähistab Maa orbiidi

raadiust; tema afeel on $2,3$ aü st tema suurim kaugus Päikesest on $r_2 = \alpha R$, kus $\alpha = 2,3$. Oma arvutustes võite kasutada Maa orbitaalkiirust $v_0 = 30\text{ km/h}$, Maa raadiust $R_0 = 6400\text{ km}$ ja vabalangemise kiirendust $g = 9,8\text{ m/s}^2$. Samuti võite kasutada valemit $E = -GmM/2a$ sellise keha koguenergia jaoks, mille mass on m ning mis liigub hulga raskema keha (mass M) gravitatsiooni väljas mööda elliptilist orbiiti pikema poolteljega a . Võib lugeda, et Maa ja asteroidi orbiidid lebavad samas tasandis ning et nad tiirlevad ümbe Päikeses samas suunas.

- 1) Leidke asteroidi kiirus v Maa läheduses, kasutades Päikesega seotud taustsüsteemi ning ignoreerides Maa külgetõmbejõu mõju.
- 2) Leidke selle kiiruse radiaal- ja tangentsiaalkomponendid v_r ja v_t (st komponendid, mis on vastavalt paralleelsed ja risti vektoriga, mis on tõmmatud Päikeses keskmes asteroidi vaadeldavasse asukohta).
- 3) Leidke vastavad komponendid u_r ja u_t Maaga seotud taustsüsteemis.
- 4) Leidke asteroidi kiirus w vahetult enne Maa atmosfääri sisenemist (kõrgusel $h = 100\text{ km}$ Maa pinnast).

10. Klaasplaat (10 punkti)

Töövahendid: Laser ($\lambda = 650\text{ nm}$), õhuke klaasplaat, lääts, joonlaud. NB! klaasplaat on kinnitatud alusele; vältige klaasi puutumist (sest sel on teravad servad ning see on habras).

Leidke klaasplaadi paksus ja hinnake mõõtetäpsust. Joonistage oma katse skeem.

¹Päeva ajal see eeldus harilikult ei kehti, sest õhu temperatuur kahaneb kõrguse kasvades. See-eest õhtuti ja öösi jahtuvad maapinnalähedased kihid rohkem ning kergesti võib juhtuda, et temperatuur peaaegu ei sõltu kõrgusest.