UiO : Universitetet i Oslo

Norsk fysikklærerforening

Fysikkolympiaden – Norsk finale 2014

3. uttakingsrunde

Fredag 28. mars kl. 09.00 til 11.30

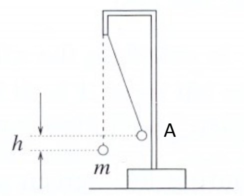
Hjelpemidler: Tabell/formelsamling, lommeregner og utdelt formelark

Oppgavesettet består av 6 oppgaver på 2 sider

Lykke til!

Oppgave 1 (4 poeng)

En liten, positivt ladd kule (A) med massen m henger i en tynn, isolerende tråd. En annen og lik, positivt ladd kule (B) blir flyttet sakte fra en stor avstand til den er i den opprinnelige posisjonen til kule A. Kule A har fått en ny posisjon i høyden h (se figuren).



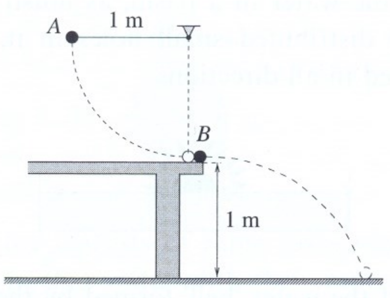
Vis at arbeidet som blir gjort i løpet av denne prosessen er $3mgh$.

Oppgave 2 (3 poeng)

En spole har induktansen 96 mH og en indre resistans på 180 Ω. Spolen koples i serie med en spenningskilde som leverer strømmen $I = I_0 \cos \omega t$ der $I_0 = 0{,}4\,\text{A}$ og $\omega = 2500\,\text{s}^{-1}$.

Finn spenningsamplituden (U_0) til spenningskilden.

Oppgave 3 (4 poeng)



En liten stålkule (B) er i ro på kanten av et bord med høyden 1m over gulvet. En annen helt lik stålkule (A) er festet til en lett snor og blir sluppet fra ro med snora horisontalt (se figur). Snora er 1m. Kule A treffer kule B i et elastisk støt.

Hvilken kule bruker lengst tid på bevegelsen; kule A fra ro til den treffer kule B eller kule B fra bordkanten til den treffer gulvet?

Oppgave 4 (4 poeng)

En liten kule med ladningen $+q$ og massen m skytes ut med vinkelen α med horisontalplanet. Parallelt med horisontalplanet, og med retning fra startpunktet mot nedslagspunktet, er det et homogent elektrisk felt E. Finn et uttrykk for vinkelen α som gir maksimal kastelengde. Nedslagspunktet er i samme plan som startpunktet.

Hint: Du kan få bruk for at $\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cos\alpha$ og $\sin^2\alpha = \dfrac{1-\cos 2\alpha}{2}$

Oppgave 5 (3 poeng)

En kopperstang blir plassert med en ende i kokende vann, og den andre enden i en blanding av is og vann. Den delen av kopperstangen som ikke er i kokende vann eller i isblandingen er isolert. Etter en tid er 0,16 kg av isen smeltet. Finn den totale endringen i entropi for hele systemet.

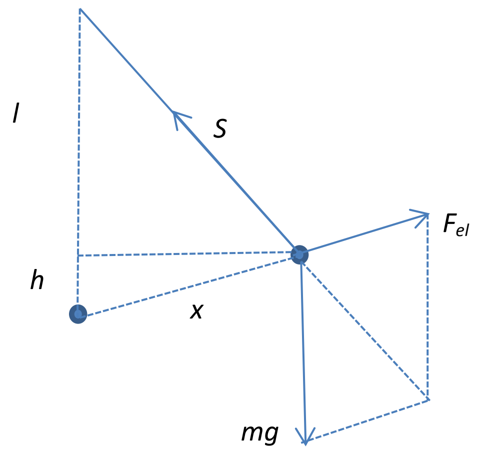
(Du får bruk for at $Q = mL$ der $L = 3{,}34\cdot 10^5$ J/kg er spesifikk smeltevarme for vann)

Oppgave 6 (4 poeng)

En tynn stav med lengden l ligger i ro på et friksjonsløst, horisontalt underlag. Staven kan rotere friksjonsløst om et av endepunktene. Ei kule skytes horisontalt inn mot staven med farten v vinkelrett på stavens lengderetning, treffer staven i midtpunktet og blir sittende fast i staven. Kulas masse er ¼ av stavens masse. Hvilken vinkelfart får staven (med kula sittende fast) etter sammenstøtet?

Fysikkolympiaden 2013/2014 – Norsk finale – løsningsforslag

Oppgave 1 (4 poeng)



På figuren er kreftene som virker på kule A i den nye posisjonen tegnet.

Her er $F_{el} = k\dfrac{qQ}{x^2}$

S er snorkraften og *mg* er tyngden. Vi kaller lengden av pendelsnoren *l.*

Den elektriske potensielle energien er gitt av $E_{el} = k\dfrac{qQ}{x}$ og potensiell energi i tyngdefeltet er *mgh*.

Av figuren ser vi at på grunn av formlike trekanter får vi:

$$\frac{l}{x} = \frac{mg}{F_{el}} \quad \text{og} \quad \frac{h}{x} = \frac{\frac{x}{2}}{l}$$

Da blir $x = \dfrac{kqQ}{2mgh}$ som gir $E_{el} = k\dfrac{qQ}{\frac{kqQ}{2mgh}} = 2mgh$

Dermed blir arbeidet $W = 2mgh + mgh = 3mgh$

Oppgave 2 (3 poeng)

Impedansen blir: $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{180^2 + (0{,}096 \cdot 2500)^2}\,\Omega = 300\,\Omega$

Og spenningen: $U_0 = ZI_0 = 120\,\text{V}$

Oppgave 3 (4 poeng)

Kule B har en vertikal akselerasjon som er *g* (vi ser bort fra luftmotstanden). Men det er ikke lett å beregne tiden pendelkula er i bevegelse. Men det vil være en kraft fra tråden på kula som vi ha en vertikal komponent. Derfor vil den vertikale akselerasjonen være mindre enn *g*, og kule A vil bruke lengst tid.

Oppgave 4 (4 poeng)

Akselerasjonen i *x*-retning på grunn av det elektriske feltet er: $a = \frac{qE}{m}$

I *x*-retning: $x = vt\cos\alpha + \frac{qE}{2m}t^2$

I *y*-retning: $y = vt\sin\alpha - \frac{g}{2}t^2$

$y = 0$ gir:

$$t = \frac{2v\sin\alpha}{g}$$

Da får vi: $x = v\frac{2v\sin\alpha}{g}\cos\alpha + \frac{qE}{2m}\left(\frac{2v\sin\alpha}{g}\right)^2$

$$x = \frac{v^2}{g}\left(\sin 2\alpha + \frac{qE}{mg}(1 - \cos 2\alpha\right)$$

Deriverer og setter den deriverte lik null:

$$x' = \frac{v^2}{g}\left(2\cos 2\alpha + \frac{qE}{mg}2\sin 2\alpha\right) = 0$$

Som gir: $\cos 2\alpha + \frac{qE}{mg}\sin 2\alpha = 0$ og dermed $\tan 2\alpha = -\frac{mg}{qE}$

(Legg merke til at minustegnet viser at vinkelen 2α må være større enn 90^0 og dermed at $\alpha > 45^0$.

Oppgave 5 (3 poeng)

Tilført varme når isen smelter: $Q = mL = 5{,}34 \cdot 10^4\ \mathrm{J}$

Det er den samme varmen som avgis fra det kokende vannet.
Og da blir endringen i entropi for det kokende vannet (ved konstant temperatur):

$$\Delta S_1 = \frac{Q}{T} = \frac{-5{,}34 \cdot 10^4}{373}\ \mathrm{J/K} = \text{-}143\ \mathrm{J/K}$$

For is-vann blandingen får vi

$$\Delta S_2 = \frac{Q}{T} = \frac{5{,}34 \cdot 10^4}{273}\ \mathrm{J/K} = 196\ \mathrm{J/K}$$

Selve stangen er isolert og dermed blir det ingen entropiendring i den.
Den totale entropiendringen blir dermed:

$$\Delta S_{tot} = -143\ \mathrm{J/K} + 196\ \mathrm{J/K} = 53\ \mathrm{J/K}$$

Oppgave 6 (4 poeng)

Stavens masse er m og kulas masse er $m/4$.

Spinn før støtet:

$$L_1 = \tfrac{l}{2} m_{kule} v = \tfrac{l}{8} mv$$

Spinn etter støtet:

$$L_2 = I\omega$$

Finner treghetsmomentet: $I = I_{stav} + I_{kule} = \dfrac{ml^2}{12} + m\left(\tfrac{l}{2}\right)^2 + \dfrac{m}{4}\left(\tfrac{l}{2}\right)^2$ (husk parallellakseteoremet)

Da blir $I = \tfrac{19}{48} ml^2$

Spinnet er bevart og vi får:

$$\tfrac{l}{8} mv = I\omega = \tfrac{19}{48} ml^2 \cdot \omega$$

Og vinkelfarten blir:

$$\omega = \frac{6v}{19l}$$