Norsk Fysikklærerforening
I samarbeid med Skolelaboratoriet,
Fysisk institutt, UiO

FYSIKK-OLYMPIADEN 2016 – 2017

Andre runde: 7. februar – 2017

Skriv øverst:

<u>Navn, fødselsdato, e-postadresse og skolens navn</u>

Varighet: *3 klokketimer*

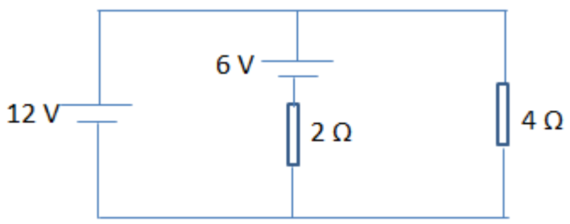
Hjelpemidler: *Tabell med formelsamling, lommeregner*

Prøven består av 3 sider og det er 7 oppgaver.

Lykke til!

Oppgave 1 (4 poeng)

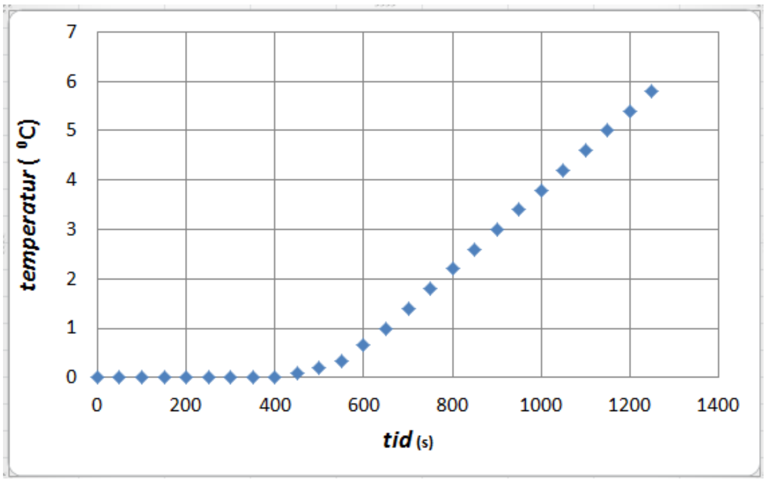
Vi har gitt følgende krets:



Batteriene har konstant polspenning.

Finn strømmen gjennom motstanden som har resistansen 4 Ω.

Oppgave 2 (4 poeng)



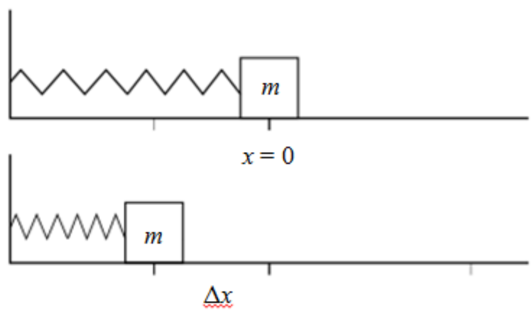
Grafen viser temperaturen som funksjon av tiden for en beholder som er fylt med en blanding av is og vann. Beholderen blir sakte oppvarmet med konstant effekt. Når all isen har smeltet, er det 1,2 kg vann i beholderen.

Hvor mye is var det opprinnelig i beholderen?

Hint: Du kan få bruk for at det trengs 4,2 kJ for å varme opp 1 kg vann en grad, og at det trengs 334 kJ/kg for å smelte is til vann.

Oppgave 3 (4 poeng)

En kloss med masse 0,20 kg er festet i en vegg med ei fjær med fjærkonstant $k = 3$ N/m. Vi presser sammen fjæra en avstand Δx = 40 cm. Friksjonstallet mellom klossen og underlaget er $\mu = 0{,}50$.



Vi slipper klossen. Hva er den største farten klossen vil oppnå?

Oppgave 4 (4 poeng)

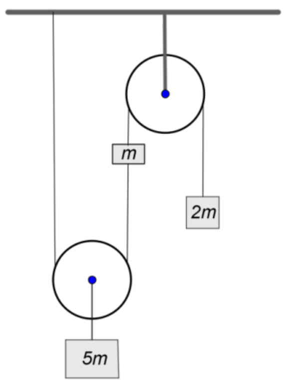
Du har 10 motstander på 10 Ω hver. Hver av dem tåler en effekt på opp til 1W. Du skal lage en krets som trenger en motstand på 10 Ω som tåler minst 5 W.

Hvordan kan du koble opp alle eller noen av motstandene slik at de kan brukes i denne kretsen?

Oppgave 5 (4 poeng)

Lag en skisse av planckkurven til utstrålingen fra et menneske og angi ved hvilken bølgelengde toppunktet ligger. Anta at hudoverflaten har et areal på 1,6 m^2og utstråler en effekt på 800 W.

Oppgave 6 (4 poeng)



Figuren viser tre lodd med massene *m*, 2*m* og 5*m* som er forbundet med masseløse snorer gjennom to masseløse trinser uten friksjon.
Finn akselerasjonen til loddet med massen *m* når systemet slippes fritt.

Oppgave 7 (4 poeng)

Du observerer spektrallinjer fra en fjern galakse og finner at en bestemt linje har bølgelengden 662,31 nm hvis du ser på ytterste venstre kant av galaksen, og 660,29 nm hvis du ser på ytterste høyre kant. Du vet at observert i et laboratorium på jorda har denne linja bølgelengden 656,28 nm. Du kan anta at du ser galaksen rett fra siden, og du observerer vinkeldiameteren til å være 0,0013 radianer. Vinkeldiameteren er definert som galaksens diameter dividert med avstanden til galaksen.

Hva er massen til galaksen?

Du kan anta at det meste av massen til galaksen er konsentrert i sentrum, slik at den kan regnes som en punktmasse.

Fysikkolympiaden 2016/2017

Løsningsforslag til 2. runde

Oppgave 1

Legger sløyfe rundt hele kretsen og bruker Kirchhoffs 2. lov:

$12\,\mathrm{V} - I \cdot 4\,\Omega = 0$ som gir $I = 3\,\mathrm{A}$

Oppgave 2

Etter at all isen har smeltet, stiger temperaturen omtrent 5,5 grader på 700 s.

Effekten (som er konstant hele tiden) blir da:

$$P = \frac{4,2 \cdot 1,2 \cdot 5,5}{700}\,\mathrm{W} = 39,6\,\mathrm{W}$$

Tiden smeltingen tar er omtrent 550 s, og det blir tilført varme:

$$Q = 40 \cdot 550\,\mathrm{J} = 21,8\,\mathrm{kJ}$$

Massen til isen blir da:

$$m = \frac{21,8}{334}\,\mathrm{kg} = 0,065\,\mathrm{kg}$$

Oppgave 3

Energibetraktninger gir oss

$$E_{p0} = E_k + E_p + W_R$$

$\frac{1}{2}k\,\Delta x^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 + \mu N(\Delta x - x)$, der x er posisjonen med størst fart.

Dette må være der akselerasjonen er null:

$$\sum F = 0$$

$$x = \frac{\mu mg}{k}$$

altså får vi sammenhengen

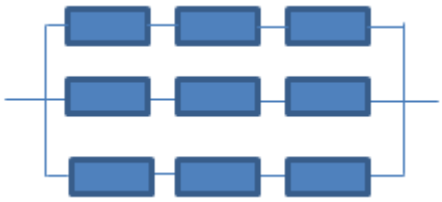
$$\frac{1}{2}k\,\Delta x^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}k\left(\frac{\mu mg}{k}\right)^2 + \mu N\left(\Delta x - \frac{\mu mg}{k}\right)$$

som gir oss

$$v = \sqrt{\frac{k\Delta x^2}{m} - 2\mu g \Delta x + \frac{m\mu^2 g^2}{k}} = 0{,}28\ \mathrm{m/s}$$

Oppgave 4

For å fordele effekten må motstandene kobles i parallell, men siden det minker totalresistansen må hver parallelle gren bestå av en seriekobling av motstander for å beholde totalresistansen på 10 **Ω**. To paralleller med to i serie vil gi en total tålt effekt på 4 W, så vi må bruke flere motstander slik at vi kobler tre parallelle grener med tre motstander i serie i hver gren:



Hver gren vil ha en resistans på 30 **Ω**, og tre slike i parallell vil gi 10 **Ω**. Effekten vil fordele seg jevnt på motstandene, slik at de til sammen vil tåle opp til 9 W, og altså godt over kravet om 5 W.

Oppgave 5

Har at $A = 1{,}6\ \mathrm{m}^2$ og $P = 800\ \mathrm{W}$.

Vi får bruk for tre ting:

(1) Utstrålingstetthet: $U = \dfrac{P}{A}$

(2) Stefan-Boltzmanns lov: $U = \sigma T^4$

(3) Wiens forskyvningslov: $\lambda_{topp} = \dfrac{a}{T}$

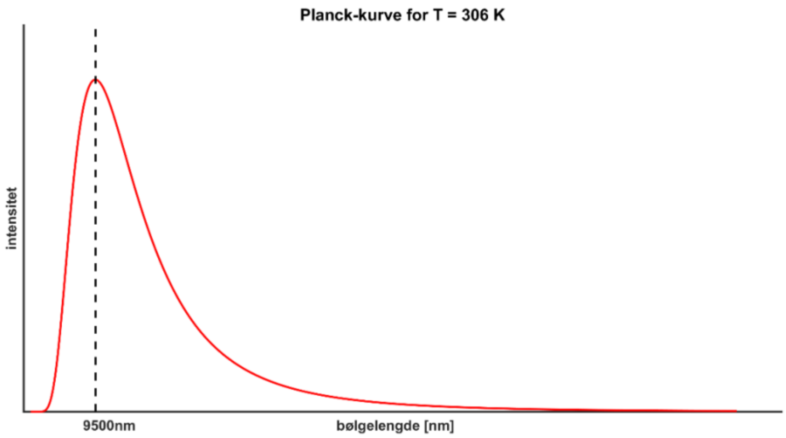
Finner først overflatetemperaturen ved å sette (1) inn i (2):

$$T = \left(\frac{P}{A\sigma}\right)^{\frac{1}{4}} = \left(\frac{800\ \mathrm{W}}{1{,}6m^2 \cdot 5{,}67 \cdot 10^{-8}\ \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2K^4}}}\right)^{\frac{1}{4}} = 306\ \mathrm{K}$$

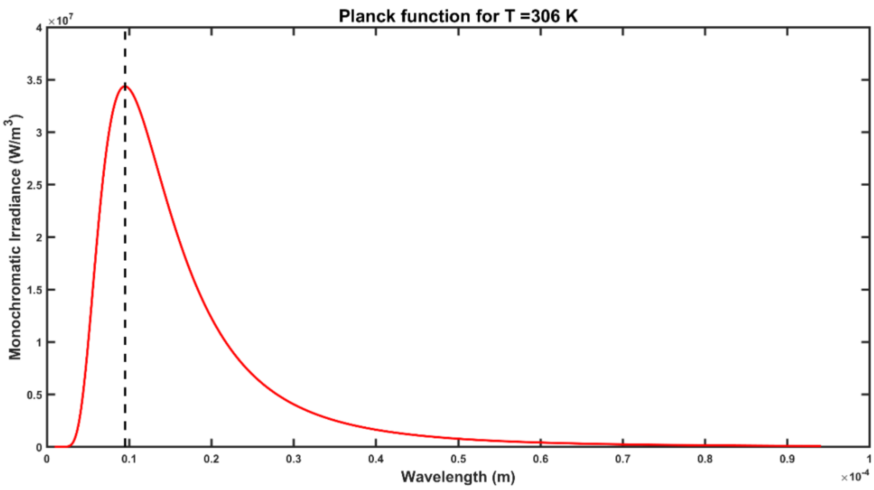
Menneskets overflatetemperatur er funnet til å være $306K = 33°\mathrm{C}$ som virker fornuftig. Setter dette inn i (3) og får

$$\lambda_{topp} = \frac{a}{T} = \frac{2{,}90 \cdot 10^{-3}\ \text{Km}}{306\ \text{K}} = 9{,}46 \cdot 10^{-6}\ \text{m} = 9{,}5\ \mu\text{m}$$

Bølgelengder til lys oppgis som oftest i nanometer; $\lambda_{topp} = 9500$ nm. Denne verdien virker også fornuftig. Vi ser jo ikke at et menneske gløder, det synlige spekteret er fra ca. 400 nm til ca. 750 nm. Skisse av planck-kurven: Viktig å få med riktig asymmetrisk form.



Graf med verdier på aksene, ikke nødvendig i løsningen av oppgaven:



Oppgave 6

Vi kaller loddet med massen $2m$ lodd 1, loddet med massen m lodd 2 og loddet med massen $5m$ lodd 3. S_1 er snordraget i snora over den øverste trinsa, og S_2 er snordraget i begge snorene som den nederste trinsa henger i. La a være akselerasjonen til lodd 2 med positiv retning nedover.

Newtons 2. lov anvendt på lodd 1 og 2 gir da:

$$S_1 - 2mg = 2ma$$
$$S_2 + mg - S_1 = ma$$

Som gir at

$$S_2 = mg + 3ma$$

Snordraget er det samme i begge snorene som den nederste trinsa henger i, og akselerasjonen til lodd 3 er $\frac{a}{2}$.

Newtons 2. lov gir da for lodd 3:

$$5mg - 2S_2 = 5m\frac{a}{2}$$
$$5mg - 2mg - 6ma = \frac{5}{2}ma$$
$$\frac{17}{2}ma = 3mg$$

Og akselerasjonen blir $a = \frac{6}{17}g$

Oppgave 7

Vi kaller $\lambda_+ = 662{,}31$ nm, $\lambda_- = 660{,}29$ nm, $\lambda_0 = 656{,}28$ nm og $\theta = 0{,}0013$. Lysfarta er c, gravitasjonskonstanten γ og Hubblekonstanten H. Bølgelengdene er rødforskjøvet på grunn av dopplereffekten siden galaksen beveger seg bort fra oss.

Farten i venstre kant er $v_+ = \frac{c(\lambda_+ - \lambda_0)}{\lambda_0} = 2{,}75\cdot 10^6$ m/s

og i høyre kant $v_- = \frac{c(\lambda_- - \lambda_0)}{\lambda_0} = 1{,}83\cdot 10^6$ m/s.

Galaksesenterets hastighet bort fra oss er gjennomsnittet av disse, altså

$$V = \frac{(v_+ + v_-)}{2} = 2{,}29\cdot 10^6\,\text{m/s}$$

Hastigheten til stjerner ved kanten av galaksen relativt til sentrum er

$$v = v_+ - V = \frac{v_+ - v_-}{2} = 4{,}62\cdot 10^5 \text{ m/s}$$

Fra Hubbles lov kan vi finne avstanden til galaksen

$$D = \frac{V}{H} = 9{,}87 \cdot 10^{23}\,\text{m}$$

Hvis r er radien i galaksen har vi at $\frac{r}{D} = \frac{\theta}{2}$

slik at vi finner radien $r = 6{,}41 \cdot 10^{20}$ m.

Vi setter tyngdekrafta på ei stjerne i kanten av galaksen lik sentripetalkrafta:

$\gamma \frac{Mm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$ der M er massen til galaksen, og m er massen til stjerna. Da får vi

$$M = \frac{rv^2}{\gamma} = 2{,}0 \cdot 10^{42}\,\text{kg}$$