Løsningsforslag til eksamen
FY0001 Brukerkurs i fysikk
Fredag 29. mai 2009

Oppgave 1

a) Newtons 2. lov, $\vec{F} = m\vec{a}$ sier at kraft og akselerasjon alltid peker i samme retning. Derfor er A umulig. Alle de andre er mulige.

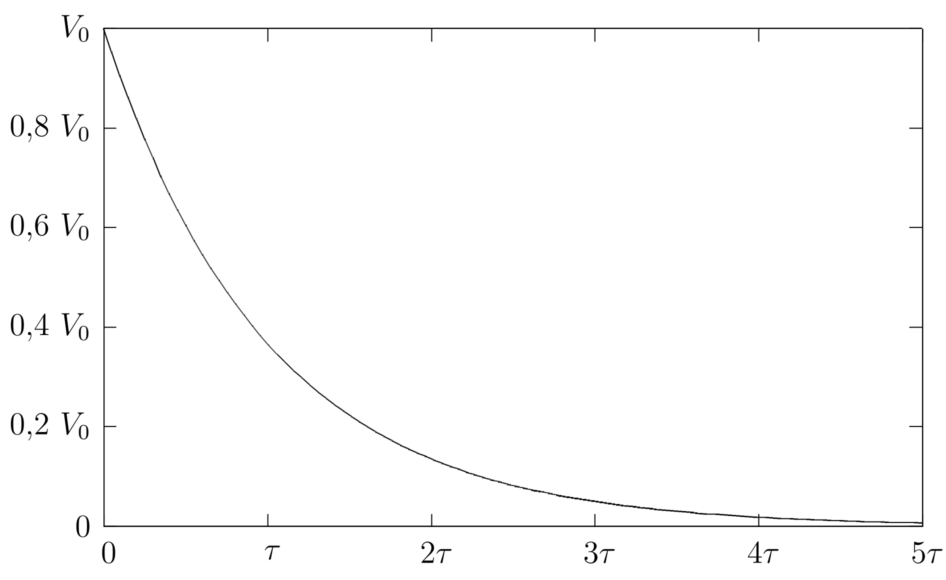
b) Dopplereffekten oppstår når en bevegelig kilde sender ut bølger og/eller en bevegelig mottaker tar imot bølger. For en bevegelig kilde, for eksempel en politibil med sirene, blir utsendt bølgelengde kortere i fartsretningen og lengre i bakover-retningen, fordi bilen beveger seg et stykke mellom hver utsendte bølgetopp. Sammenhengen er

$$\lambda' = \lambda \left(1 \pm \frac{v_E}{v}\right),$$

der v er bølgefarten, og v_E er farten til senderen.

Vi kan bruke dette til å bestemme farten til en stjerne hvis vi finner en linje i spekteret som er Doppler-forskjøvet. Hvis den er forskjøvet til en lengre bølgelengde (rødforskyvning) beveger stjernen seg fra oss, og hvis den er forskjøvet til en kortere bølgelengde (blåforskyvning) beveger den seg mot oss.

c) Tidskonstanten for kretsen er $\tau = RC = 6$ s. Det vil med andre ord ta ca et halvt minutt å lade ut kretsen.



d) En avbøyning på 19 mm på en skjerm i en avstand på 3 m tilsvarer en vinkel θ, der

$$\tan\theta = \frac{19 \cdot 10^{-3}}{3} \Rightarrow \theta = 0,363^\circ.$$

Betingelsen for konstruktiv interferens er at forskjellen i veilengde skal være akkurat et helt antall bølgelengder,

$$\Delta x = d \sin\theta = n\lambda.$$

For første ordens maksimum finner vi

$$d = \frac{\lambda}{\sin\theta} = \frac{632,8 \cdot 10^{-9}}{\sin 0,363^\circ} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}.$$

e) Etter $t = 690$ dager er den gjenværende mengden

$$N(t) = 0,1 \text{ g} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{690}{138}} = 0,0031 \text{ g}.$$

Når kun 1 % av den opprinnelige mengden gjenstår, har vi

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}} = 0,01.$$

Dette medfører

$$\frac{t}{T_{1/2}} \ln 1/2 = \ln 0,01$$

siden

$$\ln a^n = n \ln a.$$

Vi finner til slutt

$$t = T_{1/2} \frac{\ln 0,01}{\ln 1/2} = 917 \text{ dager}.$$

Oppgave 2

a) Grafen har et maksimum, som forteller oss ved hvilken bølgelengde den utstrålte intensiteten er størst. Da kan vi finne temperaturen fra Wiens forskyvningslov

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T},$$

der $b = 2,8978 \cdot 10^{-3}$ m $\cdot$ K. Hvis vi anslår at $\lambda_{max} = 500 \cdot 10^{-9}$ m, finner vi

$$T = \frac{b}{\lambda_{max}} = 5796 \text{ K}.$$

b) Fra Stefan-Boltzmann-loven finner vi utstrålt intensitet for et sort legeme ved en gitt temperatur:

$$I = \sigma T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 5778^4 = 63,20 \cdot 10^6 \text{ W/m}^2.$$

Videre vet vi at total effekt, P_s, er gitt av

$$P_s = I \cdot 4\pi r^2,$$

som gir oss

$$r = \sqrt{\frac{P_s}{4\pi I}} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$$

c) Intensiteten I_j i avstanden $d = 1,496 \cdot 10^{11}$ m fra Solen er

$$I_j = \frac{P_s}{4\pi d^2} = \frac{3,846 \cdot 10^{26}}{4\pi(1,496 \cdot 10^{11})^2} = 1367 \text{ W/m}^2$$

d) Anta nå at all denne energien kommer fra reaksjonen

$${}^2_1\text{H} \;+\; {}^2_1\text{H} \;\rightarrow\; {}^4_2\text{He}$$

Energien kommer fra masse som blir omdannet til energi, så vi må finne Δm:

$$\Delta m = 2 \cdot 2,01355 - 4,00260 = 0,0245 \text{ u}.$$

Dette tilsvarer

$$\Delta m = 0,0245 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 4,067 \cdot 10^{-29} \text{ kg}.$$

Den frigjorte energien blir da

$$E = mc^2 = 4,067 \cdot 10^{-29} \cdot (2,998 \cdot 10^8)^2 = 3,65 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

e) Hvert sekund sender solen ut $3,846 \cdot 10^{26}$ J. Det tilsvarer energien fra

$$\frac{3,846 \cdot 10^{26}}{3,65 \cdot 10^{-12}} = 1,054 \cdot 10^{38}$$

deuterium-deuterium fusjoner. Hver slik reaksjon bruker to deuterium-atomer, så det går med $2,108 \cdot 10^{38}$ atomer i sekundet. Det tilsvarer

$$\frac{2,108 \cdot 10^{38}}{6,02 \cdot 10^{23}} 2,01355 = 7,05 \cdot 10^{14} \text{ g}$$

eller $7,05 \cdot 10^{11}$ kg.

Oppgave 3

a) Banefarten er lengden på banen delt på tiden det tar å gå en runde. Vi finner

$$\frac{2\pi \cdot 3,831 \cdot 10^8 \text{ m}}{2360580 \text{ s}} = 1019,7 \text{ m/s}.$$

b) Kraften som skal til for å holde månen i bane er gitt fra sentripetalakselerasjonen, ved

$$F_g = m \cdot \frac{v^2}{r},$$

der m er Månens masse, v er banefarten og r er baneradien. Siden det er bare gravitasjon som virker på Månen setter vi inn Jordens masse, $M_\oplus$, i gravitasjonsloven, og finner

$$m \cdot \frac{v^2}{r} = G\frac{mM_\oplus}{r^2} \Rightarrow M_\oplus = \frac{v^2 r}{G} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}.$$

Oppgave 4

a) Siden vi ser bort fra friksjon er farten til pendelen i et punkt kun avhengig av høydeforskjellen fra utgangspunktet. Dette følger fra at den totale mekaniske energien i utgangspunktet, E_0 må være den samme som den totale mekaniske energien på et senere tidspunkt, E. I utgangspunktet er farten $v_0 = 0$, så vi finner

$$E_0 = E \Rightarrow mgy_0 = \frac{1}{2}mv^2 + mgy.$$

Siden $y_0 = h$, og $y = h - r\cos\theta$ finner vi

$$v = \sqrt{2g(y_0 - y)} = \sqrt{2gr\cos 20^\circ}.$$

Videre har vi

$$v_x = v\cos 20^\circ = 3,13 \text{ m/s}$$

og

$$v_y = v\sin 20^\circ = 1,14 \text{ m/s}.$$

b) I det snoren kuttes, er kulen i en høyde $y = h - r\cos\theta$ over bakken. y-koordinaten som funksjon av tiden t etter at snoren kuttes er

$$y(t) = h - r\cos\theta + v_y t - \frac{1}{2}gt^2.$$

Vi ønsker å finne hvilken verdi av t som gir $y = 0$, så vi må løse en andregradsligning.

$$\frac{1}{2}gt^2 - t\sin\theta\sqrt{2gr\cos\theta} - (h - r\cos\theta) = 0.$$

Her er det helt greit å sette inn tall og regne ut svaret med en gang, men vi kan også gå et par skritt videre først, og vi finner

$$t = \frac{\sin\theta\sqrt{2gr\cos\theta} \pm \sqrt{2gr\cos\theta\sin^2\theta + 2g(h - r\cos\theta)}}{g}.$$

Det er bare den løsningen med + foran rottegnet som er interessant for oss, og etter litt triksing og miksing finner vi

$$t = \sqrt{\frac{2r}{g}}\left(\sqrt{\frac{h}{r} - \cos^3\theta} + \sin\theta\sqrt{\cos\theta}\right).$$

Når vi setter inn tall finner vi

$$t = 0,568 \text{ s}$$

c) Her må vi huske på at kulens posisjon i det snoren kuttes har x-koordinat $x_0 = r\sin\theta$, og at farten i x-retning er konstant etter at snoren kuttes. Posisjonen i x-retning som funksjon av tiden blir dermed

$$x(t) = r\sin\theta + v_x t.$$

Her kan vi sette inn tall direkte, eller vi kan skrive om litt til, og vi finner

$$x(t) = r\sin\theta + t\cos\theta\sqrt{2gr\cos\theta}.$$

Svaret blir

$$x(t) = 1,98 \text{ m}.$$