Løsninger til eksamensopgaver på fysik A-niveau 2014

23. maj 2014

Opgave 1: **Poselukker**

a) Den omsatte effekt i en leder er givet ved $P = U \cdot I$, og Ohms 1. lov giver sammenhængen mellem spændingsfaldet og strømstyrken i en leder med resistansen *R*: $U = R \cdot I$.

Disse to formler sat sammen giver: $P = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R} \Leftrightarrow R = \frac{U^2}{P}$

Da man kender spændingsfaldet og effekten kan resistansen bestemmes:

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{(3,2V)^2}{3,5W} = 2,9257142857143\Omega = \underline{\underline{2,9\Omega}}$$

b) For at smelte posen skal den først opvarmes til smeltepunktet og derefter smeltes. Hvis man antager, at starttemperaturen for posen og varmelegemet er 20°, og at al energien går til opvarmning og smeltning af posen, skal den omsatte energi være:

$$E_{omsat} = \Delta E_{opvarmning} + \Delta E_{smeltning} = m_{frysepose} \cdot c_{frysepose} \cdot \Delta T + m_{frysepose} \cdot L_{s,frysepose} =$$

$$31 \cdot 10^{-6} kg \cdot 2,3 \cdot 10^3 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot (110°C - 20°C) + 31 \cdot 10^{-6} kg \cdot 116,6 \cdot 10^3 \frac{J}{kg} = 10,0316J$$

Da varmelegemet har effekten 3,5W, bliver smeltetiden:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{\Delta E}{P} = \frac{10,0316J}{3,5W} = 2,8661714285714s = \underline{\underline{2,9s}}$$

Opgave 2: **Galaksesuperhoben BAS11**

a) For at kunne beregne afbøjningsvinklen for 1. orden skal man kende gitterkonstanten, og da der er 800 spalter pr. mm, får man:

$$d = \frac{1}{800mm^{-1}} = 0,00125mm = 1,25\cdot 10^{3}\,nm$$

Så kan afbøjningsvinklen for 1. orden beregnes for H_γ-linjen fra BAS11:

$$\sin(\theta_n) = \frac{n\cdot\lambda}{d}$$

$$\theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{1\cdot 520,16\,nm}{1,25\cdot 10^{3}\,nm}\right) = 24,59037211° = \underline{\underline{24,6°}}$$

b) Afstanden *r* til galaksesuperhoben kan bestemmes med Hubbles lov $v = H_0 \cdot r$, hvis man kender hubblekonstanten H_0 og hastigheden væk fra os *v*.
Værdien af hubblekonstanten justeres løbende, så man kan finde flere forskellige værdier. I 2013 er den målt til $20,8\frac{km}{s\cdot Mly}$, men det kræver netadgang at finde denne værdi, så i stedet anvendes værdien $22\frac{km}{s\cdot Mly}$, der er fundet i FysikABbogen 2 side 98 i 2006-udgaven.
Hastigheden *v* kan bestemmes ud fra rødforskydningen *z* ved $v = z\cdot c$.
Rødforskydningen *z* er defineret som $z = \frac{\lambda_{obs}-\lambda_0}{\lambda_0}$, så den kan bestemmes, da man kan genkende absorptionslinjen for H_γ og dermed se, hvor meget den er forskudt.

Ved at sætte alle disse formler sammen får man:

$$r = \frac{v}{H_0} = \frac{z\cdot c}{H_0} = \frac{\frac{\lambda_{obs}-\lambda_0}{\lambda_0}\cdot c}{H_0} = \frac{\frac{520,16nm - 486,13nm}{486,13nm}\cdot 299792,458\frac{km}{s}}{22\frac{km}{s\cdot Mly}} =$$

$$953,91032Mly = 9,024495708\cdot 10^{24}\,\text{m} = \underline{\underline{9,0\cdot 10^{24}\,\text{m}}}$$

Opgave 3: **Rammemaskine**

a) Densiteten er defineret som $\rho = \frac{m}{V}$, dvs. den kan beregnes, når man kender massen og rumfanget. Da betonpælen har et kvadratisk tværsnit, får man:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{l \cdot s \cdot s} = \frac{1{,}8 \cdot 10^3 kg}{9{,}0m \cdot 0{,}30m \cdot 0{,}30m} = 2222{,}2222222222 \frac{kg}{m^3} = \underline{\underline{2{,}2 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}}}$$

b) Det antages, at man kan se bort fra alle former for gnidningsmodstand (herunder luftmodstand), da man så kan regne med, at den mekaniske energi er bevaret. Nulpunktet for den potentielle energi vælges som betonpælens top, da den potentielle energi til slut (der hvor jernklodsen rammer betonpælen) så vil være 0, og man har:

$$E_{kin,slut} + E_{pot,slut} = E_{kin,start} + E_{pot,start}$$

$$E_{kin,slut} + 0 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{start}^2 + m \cdot g \cdot h_{start}$$

$$E_{kin,slut} = \frac{1}{2} \cdot 4{,}1 \cdot 10^3 kg \cdot \left(2{,}05 \frac{m}{s}\right)^2 + 4{,}1 \cdot 10^3 kg \cdot 9{,}82 \frac{m}{s^2} \cdot 0{,}11m = 13043{,}945J = \underline{\underline{13kJ}}$$

c) Man kan gå ud fra, at kranen løfter med en konstant og lille hastighed, så man kan se bort fra den kinetiske energi, og den resulterende kraft er 0. Dvs. kranen skal løfte med en kraft, der er modsatrettet og lige så stor som summen af tyngdekraften og gnidningskraften.

Pælen skal trækkes 7,5m op, så det samlede arbejde bliver:

$$A = \int_0^h (F_t + F_g) ds = \int_0^h F_t \cdot ds + \int_0^h F_g \cdot ds = \int_0^h m \cdot g \cdot ds + \int_0^h F_g \cdot ds = m \cdot g \cdot h + \int_{0m}^{7{,}5m} F_g \cdot ds$$

Det første led tilvæksten i potentiel energi, når betonpælen løftes, og det andet svarer til arealet under den angivne graf. Da det er en ret linje, dannes der en trekant, og da man kan aflæse $F(7{,}5m) = 6{,}6kN$, får man:

$$A = 1{,}8 \cdot 10^3 kg \cdot 9{,}82 \frac{m}{s^2} \cdot 7{,}5m + \frac{1}{2} \cdot 6{,}6 \cdot 10^3 N \cdot 7{,}5m = 157320J = \underline{\underline{0{,}16MJ}}$$

Opgave 4: **Kryptonlampe**

a) I databogen under radioaktive nuklider (side 201 i 1998-udgaven) ses det, at Kr-85 er betaminusradioaktiv samt at det er grundstof nummer 36, dvs. kernerne udsender elektroner og antineutrinoer, og ladningstallet er 36.

$${}^{85}_{36}Kr \rightarrow {}^{85}_{37}X + {}^{0}_{-1}e + \overline{\nu}$$

Datterkernen skal have ladningstallet 37, da der skal være bevarelse af ladningstallet $(36 = 37 - 1)$. Nukleontallet skal være 85, da det skal være bevaret $(85 = 85 + 0)$.

I det periodiske system ses det, at grundstof nr. 37 er Rb, så reaktionsskemaet bliver:

$$\underline{\underline{{}^{85}_{36}Kr \rightarrow {}^{85}_{37}Rb + {}^{0}_{-1}e + \overline{\nu}}}$$

b) Halveringstiden for Kr-85 ses ved samme opslag som ovenfor at være 10,7år. Så aktiviteten af Kr-85 5 år efter produktionen kan bestemmes ved:

$$A(t) = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{½}}}$$

$$A(5år) = 2{,}0 \cdot 10^3\,Bq \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{5år}{10{,}7år}} = 1446{,}6Bq$$

Når man kender aktiviteten, kan man bestemme antallet af kerner ved $A = k \cdot N$.

Henfaldskonstanten bestemmes ud fra halveringstiden ved $k = \dfrac{\ln(2)}{T_{½}}$.

Når man kender antallet af kerner, kan massen bestemmes, hvis man kender massen af de enkelte nuklider: $m_{samlet} = N \cdot m_{Kr-85}$

Massen af Kr-85 findes i databogen under Nukliders masse og bindingsenergi side 221: $m_{Kr-85} = 84{,}912531u$.

De tre udtryk sættes sammen, så man har:

$$m_{samlet} = N \cdot m_{Kr-85} = \frac{A}{k} \cdot m_{Kr-85} = \frac{A \cdot T_{½}}{\ln(2)} \cdot m_{Kr-85}$$

$$m_{samlet} = \frac{1446{,}6Bq \cdot 10{,}7 \cdot 365{,}2422 \cdot 24 \cdot 3600s}{\ln(2)} \cdot 84{,}912531 \cdot 1{,}660540 \cdot 10^{-27}\,kg =$$

$$9{,}9362520058223 \cdot 10^{-14}\,kg = \underline{\underline{9{,}9 \cdot 10^{-14}\,kg}}$$

Opgave 5: **RHIC**

a) Guldionerne bevæger sig med konstant fart, og turen rundt i ringen svarer til en cirkelbevægelse, så tiden for én omgang i ringen bliver:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{O}{v} = \frac{3834m}{2{,}997 \cdot 10^8 \frac{m}{s}} = 1{,}278884741 \cdot 10^{-5} s = \underline{\underline{1{,}279 \cdot 10^{-5} \text{s}}}$$

b) Når enkeltladede ioner accelereres over et spændingsfald på 14MV, opnår de en kinetisk energi på 14MeV.
Naturligt forekommende guld består af Au-197 med atommassen 196,967u. Hvis man ikke har mulighed for at se, at der er kun er denne isotop, må man betragte udregningerne som en slags gennemsnitsberegninger.
Man kan se bort fra den manglende elektron i massen, da man ikke kan se, om den vil give en ændring på tredje decimal eller ej.
Med denne masse får man:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{kin}}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 14 \cdot 10^6 \cdot 1{,}6022 \cdot 10^{-19} J}{196{,}967 \cdot 1{,}66054 \cdot 10^{-27} kg}} = 3703530{,}9082986 \frac{m}{s} = \underline{\underline{3{,}7 \cdot 10^6 \frac{m}{s}}}$$

c) Magnetfeltets kraft skal udgøre den nødvendige centripetalkraft, der skal holde ionerne i en cirkelbevægelse, men det behøver man ikke at bruge til noget i denne opgave, da man får kraften oplyst (dette skyldes nok, at hastigheden er så tæt på lysets hastighed, at man skulle regne relativistisk, hvorfor formlen $F_{centripetal} = m \cdot \frac{v^2}{r}$ ikke gælder).
Guldionerne har en positiv ladning på 79 elementarladninger, da det er grundstof nummer 79, og da alle elektroner er fjernet.
Da magnetfeltet står vinkelret på bevægelsen, har man:

$$F_{magnetfelt} = q \cdot v \cdot B \Leftrightarrow B = \frac{F_{magnetfelt}}{q \cdot v}$$

$$B = \frac{12{,}995 \cdot 10^{-9} N}{79 \cdot 1{,}6022 \cdot 10^{-19} C \cdot 2{,}997 \cdot 10^8 \frac{m}{s}} = 3{,}4256715602565T = \underline{\underline{3{,}426T}}$$

Opgave 6: Ξ_b^{*0} **baryonen**

Opgave 7: **Bodyflight**

a) Når personen bæres oppe af luftstrømmen, står vedkommende stille, så ifølge Newtons bevægelseslove, er den resulterende kraft 0. Dvs. at luften skal påvirke personen med en kraft, der er lige så stor som, men modsatrettet, tyngdekraften, der kan beregnes som $F_t = m \cdot g$.

Der er ikke forskel på, om det er personen, der bevæger sig gennem stillestående luft, eller luften, der blæser mod en stillestående person, og da det er en kraftig luftstrøm (stor fart), kan luftmodstanden beregnes ved:

$$F_L = \frac{1}{2} \cdot w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 .$$

Luftens densitet ρ sættes til $1,293 \frac{kg}{m^3}$ (side 149 i databogen 1998-udgaven)

Personens overfladeareal vurderes til $0,8m^2$

Formfaktoren er meget svær at vurdere (specielt når man ikke har netadgang og dermed ikke adgang til stor tabel over forskellige former). I databogen under Gnidningskoefficienter og Formmodstand (side 160) vurderes det, at cylindre med længde/diameter-forholdet 5 i bevægelse med den buede del vinkelret mod luften er det bedste bud på en formfaktor (da krop og arme hver især nogenlunde har den form), og den sættes derfor til 0,7.

Personens masse vurderes til 75 kg, og man får så:

$$F_t = F_L \Leftrightarrow m \cdot g = \frac{1}{2} \cdot w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g}{w \cdot A \cdot \rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 75kg \cdot 9,82 \frac{m}{s^2}}{0,7 \cdot 0,8m^2 \cdot 1,293 \frac{kg}{m^3}}} = 45,103 \frac{m}{s} = \underline{\underline{45 \frac{m}{s}}}$$

3. juni 2014

Opgave 1: **Sol-opdriftstårn**

a) I databogen (udgave 1998) er der kun en værdi for luftens densitet ved 0°C, og det er nok en lige lovlig lav temperatur, selvom der står, at der trækkes kold luft ind.

Men da det er en vurdering, der skal foretages, anvendes denne værdi på $1,293\frac{kg}{m^3}$.

Massen kan så beregnes ved:

$$\rho = \frac{m}{V} \Leftrightarrow m = \rho \cdot V = 1,293\frac{kg}{m^3} \cdot 1,85m \cdot 4,7 \cdot 10^4 m^2 = 112426kg = \underline{\underline{1,1 \cdot 10^5 kg}}$$

b) Man kan beregne den tilførte energimængde i løbet af et minut, da man kender intensiteten af sollyset og glastagets overfladeareal:

$$P = \frac{E_{tilført}}{\Delta t} \Leftrightarrow E_{tilført} = P \cdot \Delta t = I \cdot A \cdot \Delta t$$

$$E_{tilført} = 300\frac{W}{m^2} \cdot 4,7 \cdot 10^4 m^2 \cdot 60s = 8,46 \cdot 10^8 J$$

Tilvæksten af termisk energi i den opstrømmede luft kan beregnes, når man kender den specifikke varmekapacitet for luften. Den slås op i databogen (side 149) til

$1,00 \cdot 10^3 \frac{J}{kg \cdot K}$.

$$\Delta E_{luft} = m \cdot c \cdot \Delta T = 22,5 \cdot 10^3 kg \cdot 1,00 \cdot 10^3 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 13K = 2,925 \cdot 10^8 J$$

Altså er nyttevirkningen:

$$\eta = \frac{\Delta E_{luft}}{E_{tilført}} = \frac{2,925 \cdot 10^8 J}{8,46 \cdot 10^8 J} = 0,34574468 = \underline{\underline{35\%}}$$

Opgave 2: **Lungeundersøgelse**

a) I databogen under Radioaktive nuklider (side 203 i 1998-udgaven) ses det, at Xe-133 er betaminus-radioaktiv med en halveringstid på 5,25 døgn.
Desuden ses det, at Xenon er grundstof nummer 54, dvs. ladningstallet er 54.
Ved et betaminushenfald udsendes en elektron og en antineutrino (hermed er leptontallet bevaret). Elektronen har ladningstallet -1 og nukleontallet 0. Da ladningstallet og nukleontallet begge skal være bevaret, får datterkernen samme nukleontal som Xe-133, dvs. 133, og ladningstallet må være 55 (da $54 = 55 - 1$), der samme sted i databogen ses at være Cs.
Reaktionsskemaet bliver dermed:

$$\underline{\underline{{}^{133}_{54}Xe \rightarrow {}^{133}_{55}Cs + {}^{0}_{-1}e + \overline{\nu}}}$$

b) Da man efter opslaget i databogen kender halveringstiden (se ovenfor), kan man ved hjælp af henfaldsloven beregne aktiviteten efter 10 døgn:

$$A(t) = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{½}}}$$

$$A(10døgn) = 740MBq \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{10døgn}{5,25døgn}} = 197,625MBq$$

Aktiviteten kan nu bruges til at bestemme antallet af kerner:

$$A = k \cdot N \Leftrightarrow A = \frac{\ln(2)}{T_{½}} \cdot N \Leftrightarrow N = \frac{T_{½} \cdot A}{\ln(2)}$$

$$N = \frac{5,25 \cdot 24 \cdot 3600s \cdot 197,625 \cdot 10^6 Bq}{\ln(2)} = 1,29327 \cdot 10^{14}$$

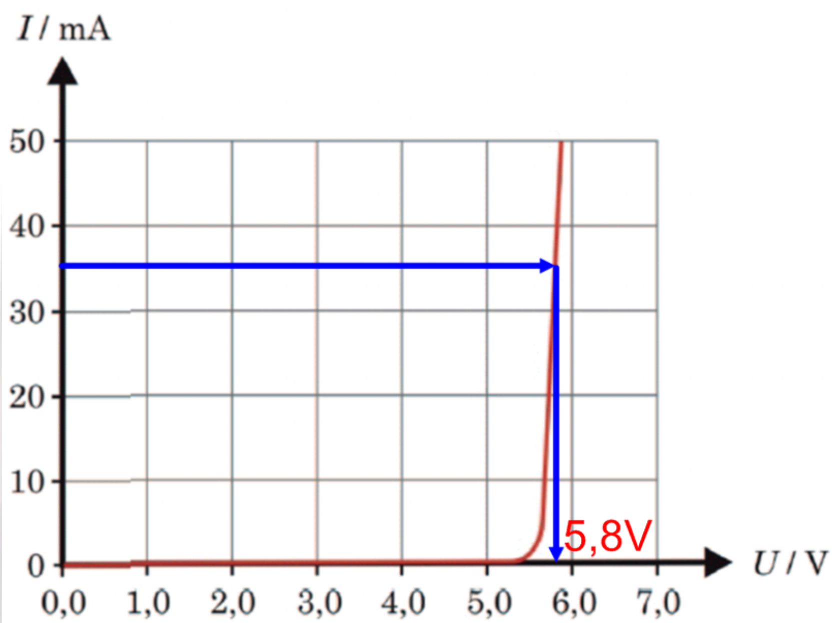
Som tommelfingerregel kan man regne med, at Xe-133 vejer ca. 133u, men det kan også slås præcist op under Nukliders masse og bindingsenergi (side 223), hvor der står, at et Xe-133-atom vejer 132,905888u.
Dvs. at den samlede masse af Xe-133 efter 10 døgn er:

$$m_{samlet} = N \cdot m_{Xe-133-atom} = 1,29327 \cdot 10^{14} \cdot 132,905888 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} kg =$$

$$2,85419 \cdot 10^{-11} kg = \underline{\underline{2,9 \cdot 10^{-11} kg}}$$

Opgave 3: **Zenerdiode**

a) På grafen aflæses spændingsfaldet svarende til strømmen 35mA til 5,8V:



Dermed kan den effekt, der afsættes i dioden beregnes:

$$P = U \cdot I = 5{,}8V \cdot 35 \cdot 10^{-3} A = 0{,}203W = \underline{\underline{0{,}20W}}$$

b) Resistansen R og zenerdioden sidder i serie, så strømmen gennem kredsløbet bliver ikke fordelt, men går igennem både dioden og resistansen.
Det maksimale spændingsfald over spændingsforsyningen giver den største strømstyrke, så det er de 6,1V, man skal regne med, hvis man skal sikre sig, at strømstyrken gennem zenerdioden ikke kommer over 40mA.
Et spændingsfald på 6,1V og en strømstyrke på 40mA svarer til en samlet modstand i kredsløbet på:

$$U_{spændingsforsyning} = R_{samlet} \cdot I \Leftrightarrow R_{samlet} = \frac{U_{spændingsforsyning}}{I} = \frac{6{,}1V}{40 \cdot 10^{-3} A} = 152{,}5\Omega$$

Modstanden i zenerdioden er med strømstyrken 40mA:

$$R_{diode} = \frac{U_{diode}}{I} = \frac{5{,}7V}{40 \cdot 10^{-3} A} = 142{,}5\Omega$$

Da resistansen og zenerdioden sidder i serie, er erstatningsresistansen summen af resistanserne:

$$R_{samlet} = R_{diode} + R_{resistor} \Leftrightarrow R_{resistor} = R_{samlet} - R_{diode} = 152{,}5\Omega - 142{,}5\Omega = 10\Omega$$

Dvs. at resistansen *R* mindst skal være på: $\underline{\underline{R_{\min} = 10\Omega}}$

<u>Opgave 4:</u> **Vandret faldskærm**

a) Hookes lov giver sammenhængen mellem trækkraften F og forskydningen Δx fra ligevægtsstillingen (ligevægtsstillingen ses i tabellen at være 10m, da trækkraften her er 0).

$F = k \cdot \Delta x$

Ofte ses Hookes lov med et minus for at vise, at trækkraften er modsatrettet forskydningsretningen, men her er det kun størrelserne og ikke retningerne, der er relevant.

F og Δx er proportionale med proportionalitetskonstanten k, så der skal laves en regression, hvilket her gøres i Maple:

$with(Gym):$

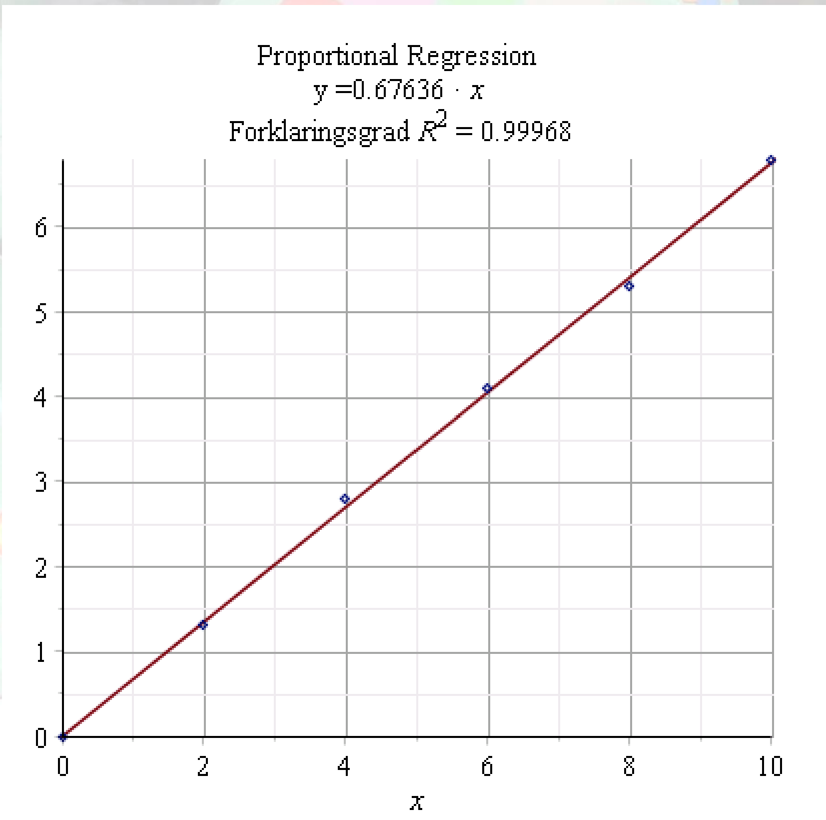
$l := [10, 12, 14, 16, 18, 20]:$

$F := [0.0, 1.3, 2.8, 4.1, 5.3, 6.8]:$

$l_0 := [seq(10, i = 1..6)]:$

$\Delta x := l - l_0:$

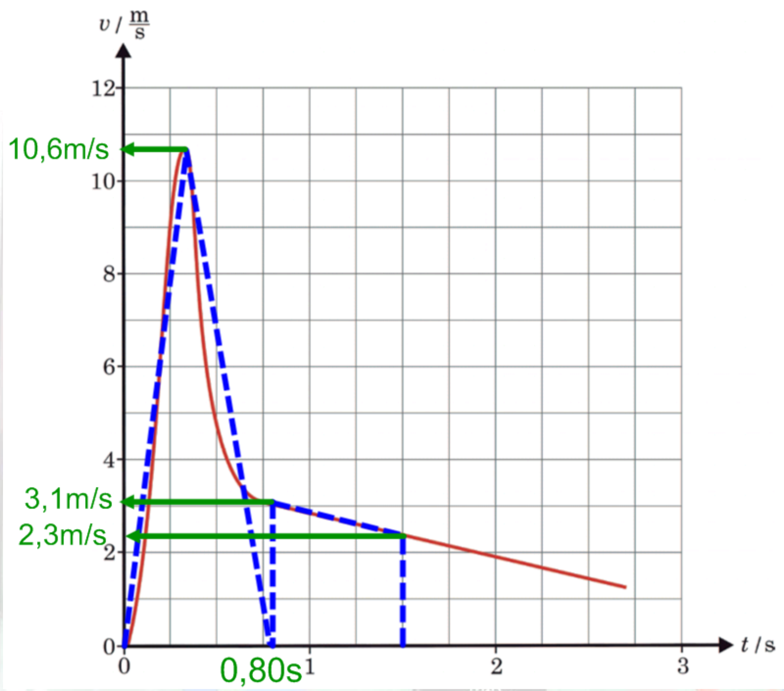
$PropReg(\Delta x, F)$



Det aflæses ud fra ligningen, at $\underline{\underline{k = 0,68 \frac{N}{m}}}$

b) Det er en (t,v)-graf, så arealet under grafen svarer til det stykke, faldskærmen har bevæget sig:

$$\Delta s = \int_0^{1,5s} v \cdot dt$$

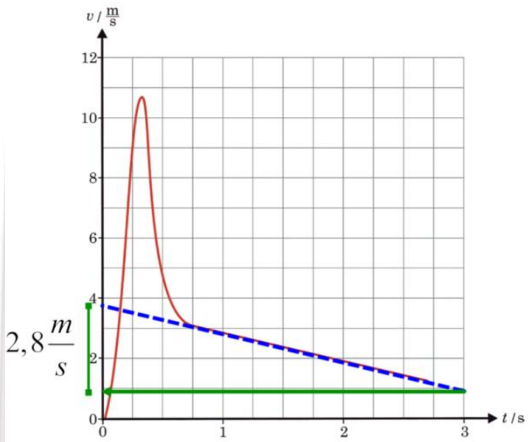


For at bestemme arealet under grafen indtegnes en trekant og et trapez, der har samme areal. Arealet bliver så:

$$\Delta s = T_{trekant} + A_{trapez} = \frac{1}{2} \cdot 0,80s \cdot 10,6\frac{m}{s} + (1,5s - 0,8s) \cdot \frac{2,3\frac{m}{s} + 3,1\frac{m}{s}}{2} = 6,130m$$

Da elastikken blev sluppet ved 20m og har bevæget sig 6,1m, er længden af elastikken efter 1,5 sekunder 14m (13,9m ifølge ovenstående vurdering).

c) Den samlede kraft kan bestemmes med Newtons 2. lov, hvis man kender accelerationen og massen. Massen er oplyst, og accelerationen kan aflæses som hældningen for tangenten til (t,v)-grafen i t=1,5:



Hældningen regnes uden fortegn, da det kun er størrelsen, der skal bruges:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2{,}8\frac{m}{s}}{3{,}0s} = 0{,}933\frac{m}{s^2}$$

Dvs. størrelsen af den samlede kraft er

$$F_{samlet} = m \cdot a = 0{,}116kg \cdot 0{,}933\frac{m}{s^2} = 0{,}108228N = \underline{\underline{0{,}108N}}$$

Den samlede kraft på faldskærmen kommer fra elastikkens træk og fra luftmodstanden. Disse to kræfter peger i hver sin retning. Elastikken trækker i bevægelsesretningen, mens luftmodstanden peger mod bevægelsesretningen. Da hastigheden er på vej ned efter 1,5 sekunder (negativ acceleration), må luftmodstanden være større end elastikkens træk.

Modellen giver en trækkraft ved 14m på:

$$F_{træk} = k \cdot \Delta x = 0{,}67636\frac{N}{m} \cdot (14m - 10m) = 2{,}70544N$$

Man har så:

$$F_{samlet} = F_{luft} - F_{træk} \Leftrightarrow F_{luft} = F_{samlet} + F_{træk} = 0{,}108228N + 2{,}70544N = 2{,}813668N$$

Efter 1,5s blev farten i spørgsmål b) aflæst til $2{,}3\frac{m}{s}$, og hermed kan formfaktoren bestemmes:

$$F_{luft} = \frac{1}{2} \cdot w \cdot A \cdot \rho_{luft} \cdot v^2 \Leftrightarrow w = \frac{2 \cdot F_{luft}}{A \cdot \rho_{luft} \cdot v^2} = \frac{2 \cdot F_{luft}}{\pi \cdot r^2 \cdot \rho_{luft} \cdot v^2}$$

$$w = \frac{2 \cdot 2{,}813668N}{\pi \cdot (0{,}37m)^2 1{,}293\frac{kg}{m^3} \cdot \left(2{,}3\frac{m}{s}\right)^2} = \underline{\underline{1{,}9}}$$

I udregningen er luftens densitet fra side 149 i databogen (1998-udgaven) benyttet.

Opgave 5: **B mesoner**

Opgave 6: **Laserkøling**

a) Massen af et Rb-85-atom findes i databogen under Nukliders masse og bindingsenergi (side 221 i 1998-udgaven) til 84,911794u.

Så kan farten beregnes:

$$p = m \cdot v \Leftrightarrow v = \frac{p}{m} = \frac{2{,}01 \cdot 10^{-25}\, kg \cdot \frac{m}{s}}{84{,}911794 \cdot 1{,}66054 \cdot 10^{-27}\, kg} = 1{,}4255376735728\, \frac{m}{s} = \underline{\underline{1{,}436\, \frac{m}{s}}}$$

b) En foton med bølgelængden 780nm har bevægelsesmængden:

$$p_{foton} = \frac{h}{\lambda} = \frac{6{,}626076 \cdot 10^{-34}\, J \cdot s}{780 \cdot 10^{-9}\, m} = 8{,}494969231 \cdot 10^{-28}\, kg \cdot \frac{m}{s}$$

Hvis man antager, at alle fotonerne rammer fra samme retning, der er præcis modsat Rb-85-atomets bevægelsesretning, så kan det beregnes, hvor mange fotoner der skal til at ændre bevægelsesmængden med størrelsen $2{,}01 \cdot 10^{-25}\, kg \cdot \frac{m}{s}$

Fotonerne absorberes, så deres bevægelsesmængde skal fuldstændigt opvejes af ændringen i Rb-85:

$$N_{fotoner} = \frac{p_{samlet}}{p_{foton}} = \frac{2{,}01 \cdot 10^{-25}\, kg \cdot \frac{m}{s}}{8{,}494969231 \cdot 10^{-28}\, kg \cdot \frac{m}{s}} = 236{,}611 \approx \underline{\underline{237}}$$

Opgave 7: **Fliselægning med sugekop**

a) Ud fra billedet vurderes det, at arealet af cirklen (sugekoppen) er 0,15m^2. Det antages, at der kan suges så meget luft ud, at der kan skabes et undertryk på $0{,}9 \cdot 10^5\, Pa$ (dvs. at trykket inde i sugekoppen er ca. 0,1atm).

Dermed bliver kraften nedefra på:

$$p = \frac{F_{op}}{A} \Leftrightarrow F_{op} = p \cdot A = 0{,}9 \cdot 10^5\, Pa \cdot 0{,}15 m^2 = 13500 N$$

Denne kraft skal mindst være lige så stor som tyngdekraften på flisen, dvs. flisen kan højst veje:

$$F_t = m \cdot g \Leftrightarrow m = \frac{F_t}{g} = \frac{13500 N}{9{,}82\, \frac{m}{s^2}} = 1375 kg \approx \underline{\underline{1 ton}}$$

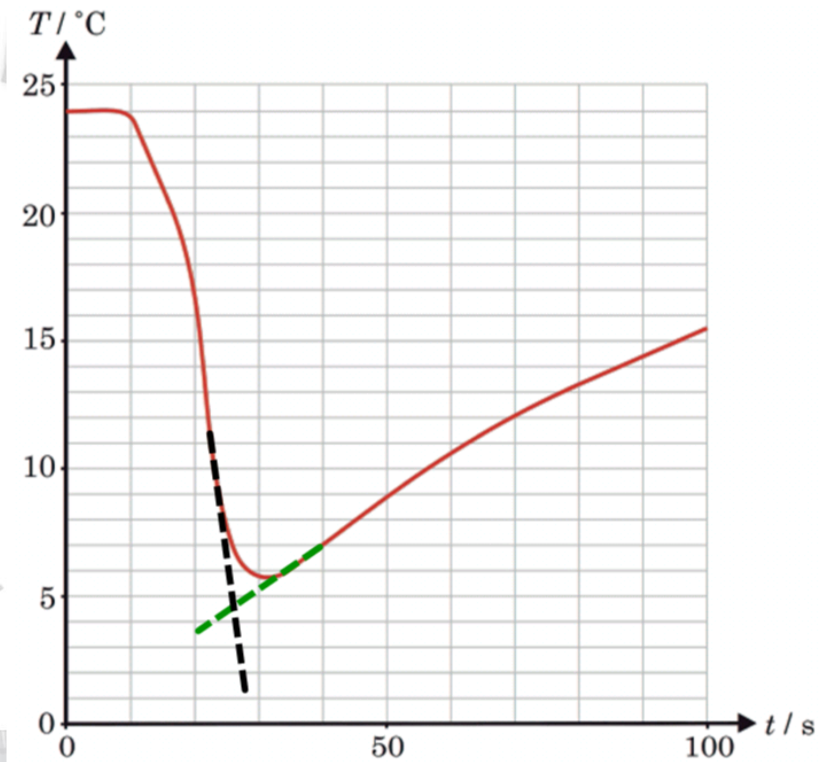
15. august 2014

Opgave 1. **Kuldespray:**

a) Zinkpladen har inden tilførslen af kuldespray samme temperatur som omgivelserne (24°C), men den afkøles, når noget af dens indre energi overføres til kuldesprayen, som fordamper. Når zinkpladen afkøles, begynder den at modtage varme fra omgivelserne. Dette ses på grafen, hvor zinkpladens temperatur begynder at stige.

Mellem 10s og 30s ses det på grafen, at temperaturen af zinkpladen falder, men her skal man være opmærksom på, at der også tilføres varme fra omgivelserne, der således også er med til at få kuldesprayen til at fordampe.

Man er interesseret i at vide, hvor meget temperaturen ville være faldet, hvis der ikke var blevet tilført energi fra omgivelserne, så på figuren skitseres to rette linjer:



Når man på denne måde forsøger at korrigere for varmetilførslen fra omgivelserne, får man en temperaturtilvækst på -19°C.

Dette kan bruges til at vurdere kuldesprayens fordampningsvarme:

$$\Delta E_{kuldespray} = -\Delta E_{zinkplade}$$

$$m_{kuldespray} \cdot L_{f,kuldespray} = -m_{zinkplade} \cdot c_{zink} \cdot \Delta T_{zinkplade}$$

$$L_{f,kuldespray} = \frac{-m_{zinkplade} \cdot c_{zink} \cdot \Delta T_{zinkplade}}{m_{kuldespray}} = \frac{-86,4g \cdot 389 \frac{J}{kg \cdot {}^\circ C} \cdot (-19{}^\circ C)}{2,1g} = 3,0408 \cdot 10^5 \frac{J}{kg} = \underline{\underline{3,0 \cdot 10^5 \frac{J}{kg}}}$$

Opgave 2. ***Behandling med lutetium:***

a) I databogen findes Lu-177 under 'Radioaktive nuklider' (side 205 i 1998-udgaven). Her står, at nuklidet er betaminus-radioaktivt med en halveringstid på 6,71 døgn.
Ved et betaminushenfald udsendes en elektron og en antineutrino (leptontalsbevarelse). Dette sker ved en omdannelse af en neutron til en proton i kernen, så grundstofnummeret går 1 op.
I det periodiske system ses det, at Lu er grundstof nummer 71, mens grundstof nummer 72 er hafnium (Hf). Dermed bliver henfaldsskemaet:

$$\underline{\underline{{}^{177}_{71}Lu \rightarrow {}^{177}_{72}Hf + {}^{0}_{-1}e + \overline{\nu}}}$$

b) Man kender aktiviteten og kan derfor beregne antallet af Lu-177-kerner (og dermed atomer) ved hjælp af henfaldskonstanten:

$$A = k \cdot N \Leftrightarrow N = \frac{A}{k} = \frac{T_{½} \cdot A}{\ln(2)} = \frac{6,71 \cdot 24 \cdot 3600s \cdot 5,5 \cdot 10^{9}\,Bq}{\ln(2)} = 4,600 \cdot 10^{15}$$

Massen af Lu-177 kan derfor beregnes, og da man kun fik aktiviteten med 2 betydende cifre, kan man tillade sig at bruge tommelfingerreglen, at $m_{Lu-177} \approx 177u$.

Dvs. $m_{Lu-177} = m_{Lu-177-atom} \cdot N = 177 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}\,kg \cdot 4,6 \cdot 10^{15} = 1,35 \cdot 10^{-9}\,kg = \underline{\underline{1,35\mu g}}$

c) Halveringstiden er på 6,71 døgn, så man kan ikke gå ud fra, at aktiviteten er den samme gennem et helt døgn. Man er derfor nødt til at finde antallet af henfald på et døgn ved at se på, hvor mange kerner der er fra start og fra dette tal trække det antal kerner, der ifølge henfaldsloven vil være tilbage efter 1 døgn.

$$N_{henfald} = -\Delta N = N_0 - N_{slut} = N_0 - N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{½}}} = N_0 \cdot \left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{½}}}\right)$$

$$N_{henfald} = 4,60 \cdot 10^{15} \cdot \left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1døgn}{6,71døgn}}\right) = 4,5146 \cdot 10^{14}$$

Da man energien fra ét henfald, kan man så beregne den samlede afsatte energi:

$$E_{samlet} = N \cdot E_{pr.henfald} = 4,5146 \cdot 10^{14} \cdot 2,2 \cdot 10^{-14}\,J = 9,93219J = \underline{\underline{9,9J}}$$

Opgave 3. ***Challengerdybet:***

a) Trykket på bunden kan bestemmes ud fra formlen for trykket fra en væskesøjle. Egentlig kan man - da trykket er så højt - se bort fra atmosfæretrykket, men her regnes det med:

$$p_{bund} = p_0 + p_{væskesøjle} = p_0 + h \cdot \rho_{væske} \cdot g = 1{,}013 \cdot 10^5\,Pa + 10911m \cdot 1060\frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}82\frac{m}{s^2} = 1{,}1367608 \cdot 10^8\,Pa$$

Så kraften fra havvandet på lugen er:

$$p = \frac{F}{A} \Leftrightarrow F = p \cdot A_{cirkel} = 1{,}1367608 \cdot 10^8\,Pa \cdot \pi \cdot (0{,}21m)^2 = 1{,}574916583 \cdot 10^7\,N = \underline{\underline{1{,}57 \cdot 10^7\,N}}$$

(det er her antaget, at tyngdeaccelerationen ikke ændrer sig undervejs).

b) Da man kender den gennemsnitlige massefylde, kan man opskrive formlen:

$$\rho_{gennemsnit} = \frac{m_{samlet}}{V_{samlet}} = \frac{m_{skum} + m_{ubåd}}{V_{skum} + V_{ubåd}} = \frac{\rho_{skum} \cdot V_{skum} + m_{ubåd}}{V_{skum} + V_{ubåd}}$$

Hermed kan rumfanget bestemmes i Maple, hvor alle tal er indsat i SI-enheder.

$$1060 = \frac{690 \cdot V_{skum} + 6.5 \cdot 10^3}{V_{skum} + 3.29} \xrightarrow{\text{solve for V\_\_skum}} [[V_{skum} = 8.142162162]]$$

Dvs. rumfanget er: $\underline{\underline{V_{skum} = 8{,}14m^3}}$

Opgave 4. ***Brystsvømning:***

a) Gennemsnitsfarten er den tilbagelagte strækning delt med den benyttede tid, så man har:

$$v_{gen} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{200m}{2 \cdot 60s + 19{,}11s} = \frac{200m}{139{,}11s} = 1{,}437711164\frac{m}{s} = \underline{\underline{1{,}4377\frac{m}{s}}}$$

b) Den tilbagelagte strækning svarer til arealet under (t,v)-grafen, så der skal tælles felter på grafen. Hvert felt har arealet $0{,}1s \cdot 0{,}2\frac{m}{s} = 0{,}020m$.

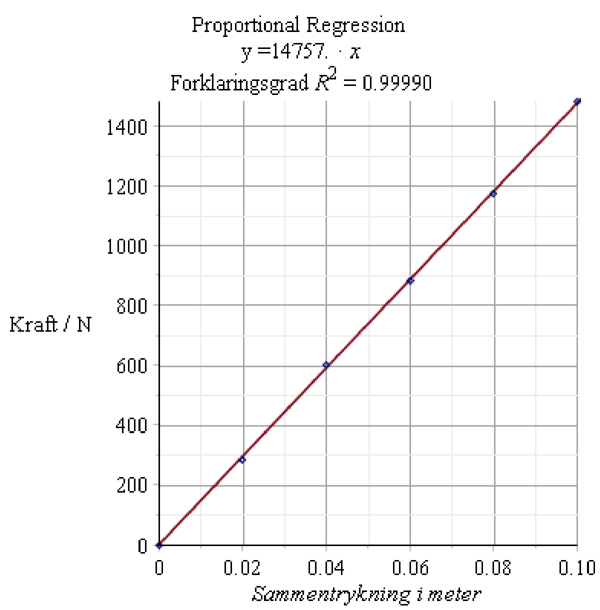
Antallet af felter vurderes til 77,75.
Så den tilbagelagte strækning i løbet af ét svømmetag bliver:

$$\Delta s = 0{,}020m \cdot 77{,}75 = 1{,}555m \approx \underline{\underline{1{,}56m}}$$

Opgave 5. ***Kængurustylte:*** Fjederkraften er proportional med længden af sammentrykningen, og da der ikke regnes med fortegn/retninger, bliver proportionalitetsfaktoren positiv: $F = k \cdot x$.

a) Der skal derfor laves regression med en proportionalitet, hvilket gøres i Maple med GYM-pakken:

```
restart
with(Gym) :
Sammentrykning := [0, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1] :
Kraft := [0, 283, 599, 882, 1174, 1482] :
PropReg(Sammentrykning, Kraft)
```



Fjederkonstanten aflæses som proportionalitetsfaktoren, dvs. $k = 14757 \frac{N}{m} = \underline{\underline{14{,}8 \cdot 10^3 \frac{N}{m}}}$

b) Den oplagrede energi i fjederen under afsættet er:

$$\Delta E_{fjeder} = E_{fjeder,110mm} - E_{fjeder,30mm} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x_{110mm}^2 - \frac{1}{2} \cdot k \cdot x_{30mm}^2 =$$

$$\frac{1}{2} \cdot 14747 \frac{N}{m} \cdot \left((0{,}110m)^2 - (0{,}030m)^2 \right) = 82{,}6392J$$

Pigen og kængurustylten kommer 21cm op under hoppet. Her må det antages, at det er tyngdepunktet, der kommer 21cm op, selvom det ifølge figuren er fodstøtten, der kommer 21cm op. Man ser altså bort fra, at både fjederen og pigen strækkes ud, som det ses på billedet. Forøgelsen af potentiel energi er så:

$$\Delta E_{pot} = m \cdot g \cdot h = 53kg \cdot 9{,}82 \frac{m}{s^2} \cdot 0{,}21m = 109{,}2966J$$

Pigen har altså udover fjederenergien tilført:

$$E_{pige} = \Delta E_{pot} - \Delta E_{fjeder} = 109{,}2966J - 82{,}6392J = 26{,}6574J = \underline{\underline{27J}}$$

Opgave 6. ***Anti-refleksbehandling af brilleglas:***

a) Massen af titandioxid kan bestemmes, når man kendes rumfanget og densiteten:

$$\rho = \frac{m}{V} \Leftrightarrow m = \rho \cdot V = \rho \cdot A \cdot h = 4,45\frac{g}{cm^3} \cdot 14,5cm^2 \cdot 1,40 \cdot 10^{-5}cm = 0,00090335g = \underline{\underline{9,0 \cdot 10^{-4}g}}$$

b) Det er lorentzkraften, der leverer den nødvendige centripetalkraft i cirkelbevægelsen.
Lorentzkraften er: $\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$ og da $\vec{v} \perp \vec{B}$ er $F_L = q \cdot v \cdot B$

Centripetalkraften er $F_c = m \cdot \frac{v^2}{r}$ (hastigheden er ikke så stor, at der skal regnes relativistisk)

Elektronens ladning er elementarladningen, og man har så:

$$F_L = F_c \Leftrightarrow e \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{r} \Leftrightarrow$$

$$B = \frac{m \cdot v}{e \cdot r} = \frac{9,11 \cdot 10^{-31}kg \cdot 4,6 \cdot 10^6 \frac{m}{s}}{1,602 \cdot 10^{-19}C \cdot 0,15m} = 0,0001743903454T = \underline{\underline{1,74 \cdot 10^{-4}T}}$$

c) Der regnes for hvert sekund.
Den energi, der skal tilføres for at overføre $8,6 \cdot 10^{-3}g$, er:

$$E_{1sekund} = 8,6 \cdot 10^{-3}g \cdot 7,67 \cdot 10^3\frac{J}{g} = 65,962J$$

Den kinetiske energi for én elektron er:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}kg \cdot \left(4,6 \cdot 10^6\frac{m}{s}\right)^2 = 9,63838 \cdot 10^{-18}J$$

Det antages, at al den kinetiske energi fra elektronerne overføres, og dermed er det antal elektroner, der skal ramme skålen pr. sekund:

$$N = \frac{E_{1sekund}}{E_{kin}} = \frac{65,962J}{9,63838 \cdot 10^{-18}J} = 6,8436812 \cdot 10^{18} = \underline{\underline{6,8 \cdot 10^{18}}}$$

Opgave 7: ***D mesoner:***