Løsninger til
Eksamensopgaver i fysik 1998-2002
Fysikforlaget (Kometbogen)

Opgave 1 side 11:

a) På oscilloskopbilledet aflæses svingningstiden/perioden. Det ses, at der fra bølgetop til bølgetop er 5 terner a 0,200ms, dvs. at:

$T = 5 \cdot 0{,}200ms = 1{,}00ms$

Dermed er frekvensen:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1{,}00 \cdot 10^{-3}s} = 1000s^{-1} = \underline{\underline{1{,}00kHz}}$$

b) Ud fra frekvensen og bølgens udbredelseshastighed i luften kan bølgelængden bestemmes:

$$v = f \cdot \lambda \Leftrightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{344m/s}{1000Hz} = \underline{\underline{0{,}344m}}$$

For at afgøre, hvad der sker med lydsignalets styrke, kan man se på forskellen i de 2 afstande fra højttalerne til mikrofonen:

$\Delta s = 1{,}765m - 1{,}593m = 0{,}172m$

Dette er præcis halvdelen af bølgelængden. Derfor vil bølgetop for det ene lydsignal ramme mikrofonen samtidig med bølgedal fra det andet lydsignal – og omvendt. Derfor vil lydstyrken $\underline{\underline{\textit{svækkes}}}$, når den anden højttaler tilsluttes.

Opgave 2 side 12:

a) Kapacitoren er helt afladt, når kontakt 1 sluttes. Det er derfor, at spændingskildens 6,0V også gælder som spændingsfaldet over resistoren (da spændingsfaldet over kapacitoren er 0V).
Det aflæses på grafen, at strømstyrken lige når kontakt 1 sluttes er 1,2mA, og da sammenhængen mellem spændingsfald og strømstyrke er givet ved ohms 1. lov, har man:

$$U = R \cdot I \Leftrightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{6{,}0V}{1{,}2mA} = \frac{6{,}0V}{1{,}2 \cdot 10^{-3}A} = 5{,}0 \cdot 10^{3}\frac{V}{A} = \underline{\underline{5{,}0k\Omega}}$$

b) Efterhånden som kapacitoren oplades, vil spændingsfaldet over den øges, og da:

$U_{kapacitor} + U_{resistans} = 6{,}0V$,

vil spændingsfaldet over resistoren mindskes, hvilket vil reducere strømstyrken gennem kredsløbet, som det ses på grafen.
På grafen aflæses det, at der efter 3,0s går en strøm på 0,22mA gennem kredsløbet. Hermed er spændingsfaldet over resistoren:

$U_{resistor} = R \cdot I = 5{,}0k\Omega \cdot 0{,}22mA = 5{,}0 \cdot 10^{3}\Omega \cdot 0{,}22 \cdot 10^{-3}A = 1{,}1V$

Og hermed er spændingsfaldet over kapacitoren:

$U_{kapacitor} = 6{,}0V - U_{resistans} = 6{,}0V - 1{,}1V = \underline{\underline{4{,}9V}}$

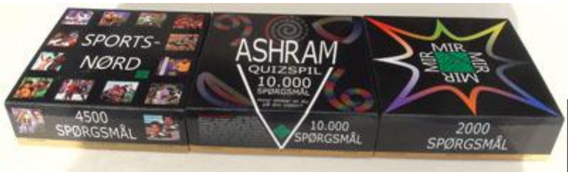
c) Da både spændingsfaldet og kapacitansen er opgivet, kan man finde ladningen på den ene af kapacitorens plader (den anden har samme størrelse ladning med modsat fortegn):

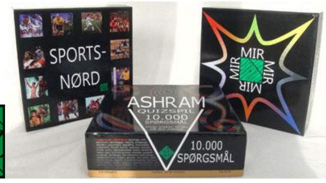
$Q = C \cdot U = 350\mu F \cdot 5{,}8V = 350 \cdot 10^{-6}F \cdot 5{,}8V = 0{,}00203C = \underline{\underline{2{,}0mC}}$

Man kan desuden beregne den energi, der er oplagret i kapacitoren:

$E = ½ \cdot Q \cdot U = ½ \cdot 0{,}00203C \cdot 5{,}8V = 0{,}005887J$

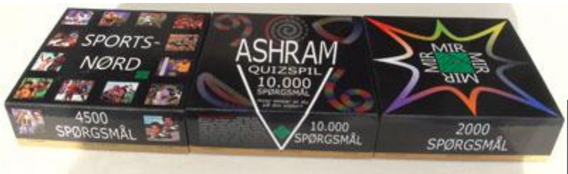
Og da denne energi omsættes i løbet af 0,50ms, kan den gennemsnitlige effekt beregnes:

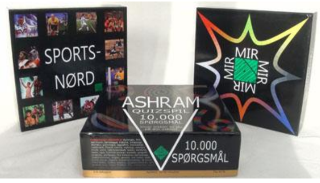




Løsningerne er hentet på www.szymanskispil.dk Quizspillene ASHRAM, MIR og SPORTSNØRD

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{0{,}005887\,J}{0{,}50 \cdot 10^{-3}\,s} = 11{,}774\,\frac{J}{s} = \underline{\underline{12W}}$$





Opgave 3 side 14:

a) De 5 henfald skrives op som ét henfald: $Rn \rightarrow {}^{210}_{82}Pb + 3 \cdot {}^{4}_{2}He + 2 \cdot {}^{0}_{-1}e + 2 \cdot \bar{\nu}$

Bevarelsen af nukleontallet giver: $A_{Rn} = 210 + 3 \cdot 4 + 2 \cdot 0 = \underline{\underline{222}}$

Bevarelsen af ladningstallene giver protontallet: $Z_{Rn} = 82 + 3 \cdot 2 + 2 \cdot (-1) = \underline{\underline{86}}$

Det sidste passer med, at det er grundstoffet radon (Rn).

b) Da man kan se bort fra henfaldene fra Pb-210, kan man regne med, at alle Rn-222 kernerne er omdannet til Pb-210 efter et passende tidsrum (f.eks. ville et år være mere end rigeligt til, at alle kernerne var henfaldet. Her er det dog underforstået, at der ikke mellem Rn-222 og Pb-210 er en dannet kerne med lang halveringstid, og det kan kontrolleres i databogen (side 215 i 1998-udgaven), hvor det ses, at 26,8 minutter er den længste af de mellemliggende halveringstider).
Atommassen for Pb-210 slås op i databogen til at være 209,984163*u*.
Dvs. at antallet af Rn-kerner fra start var:

$$N_{Rn-start} = N_{Pb-slut} = \frac{m_{Pb-samlet}}{m_{Pb-atom}} = \frac{0{,}95 \cdot 10^{-6}\,g}{209{,}984163 \cdot 1{,}6605 \cdot 10^{-24}\,g} = 2{,}724505 \cdot 10^{15}$$

Henfaldskonstanten for Rn-222 beregnes:

$$k = \frac{\ln 2}{T_{½}} = \frac{\ln 2}{3{,}8 \cdot 24 \cdot 3600s} = 2{,}111194 \cdot 10^{-6}\,s^{-1}$$

Dermed var aktiviteten fra start:

$$A = k \cdot N = 2{,}111 \cdot 10^{-6}\,s^{-1} \cdot 2{,}724505 \cdot 10^{15} = 5751959134 s^{-1} = \underline{\underline{5{,}8 \cdot 10^{9}\,Bq}}$$

c) Da halveringstiden af Pb-210 er hele 22,3år, er der ikke problemer med, at mange af Pb-210 kernerne henfalder under opløsnings- og måleprocessen, så antallet af Pb-210 kerner kan regnes som værende konstant inden for dette tidsrum.
Antallet af Pb-210 kerner bestemmes først:

$$A_{Pb-210} = k_{Pb-210} \cdot N_{Pb-210} = \frac{\ln 2}{T_{½-Pb-210}} \cdot N_{Pb-210} \Leftrightarrow N_{Pb-210} = \frac{A_{Pb-210} \cdot T_{½-Pb-210}}{\ln 2} \Leftrightarrow$$

$$N_{Pb-210} = \frac{2{,}30Bq \cdot 22{,}3 \cdot 365{,}2422 \cdot 24 \cdot 3600s}{\ln 2} = 2{,}335 \cdot 10^{10}$$

Dvs. at massen af Pb-210 i den opløste mængde er:

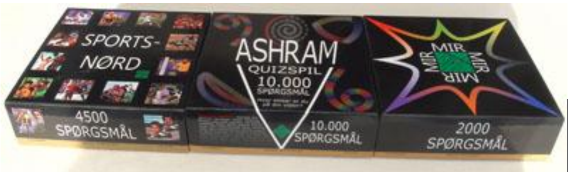
$$m_{Pb-210-opløsning} = m_{Pb-210-atom} \cdot N_{Pb-210} = 209{,}984 \cdot 1{,}6605 \cdot 10^{-24}\,g \cdot 2{,}335 \cdot 10^{10} = 8{,}142 \cdot 10^{-13}\,g$$

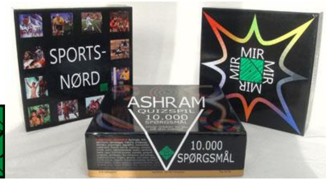
Oplysningerne i teksten giver forholdet mellem massen af blychromat og Pb-210, så massen af blychromat i prøven er:

$$m_{Blychromat} = \frac{10{,}78 \cdot 10^{-3}\,g}{1{,}50 \cdot 10^{-6}\,g} \cdot 8{,}142 \cdot 10^{-13}\,g = 5{,}851475 \cdot 10^{-9}\,g$$

Dette er massen i 0,100L, så massen svarende til 1,00L må være 10 gange så stor, dvs:

$$m_{Blychromat/L} = \underline{\underline{5{,}85 \cdot 10^{-8}\,g}}$$





Opgave 2 side 19:

a) Henfaldsprocessen er: $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$

Fotoner er masseløse partikler, og dermed er:

$$\Delta m = 2 \cdot m_{foton} - m_{\pi} = 0 - 0{,}1449u = -0{,}1449u$$

Dvs. at processens Q-værdi er:

$$Q = -\Delta m \cdot 931{,}5 MeV/u = 0{,}1449u \cdot 931{,}5 MeV/u = 134{,}97435 MeV = \underline{\underline{135{,}0 MeV}}$$

Da mesonen ligger stille før processen, vil fotonerne dele energien og dermed få samme bølgelængde, der kan bestemmes ved først at finde frekvensen:

$$E_{foton} = h \cdot f \Leftrightarrow f = \frac{E_{foton}}{h} = \frac{½ \cdot 134{,}97435 \cdot 10^6 eV}{4{,}135669 \cdot 10^{-15} eV \cdot s} = 1{,}631832 \cdot 10^{22} s^{-1}$$

Og så kan bølgelængden bestemmes:

$$c = f \cdot \lambda \Leftrightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{299792458 m/s}{1{,}631832 \cdot 10^{22} s^{-1}} = 1{,}83715258 \cdot 10^{-14} m = \underline{\underline{1{,}837 \cdot 10^{-14} m}}$$

Dvs. det er gammastråling, der udsendes.

Opgave 5 side 20:

a) Ved et β$^-$-henfald udsendes en elektron og en antineutrino (hvilket sikrer leptontalsbevarelsen), og med ladningsbevarelsen og nukleontalsbevarelsen bestemmes den dannede kerne:

$$\underline{\underline{{}^{31}_{14}Si \rightarrow {}^{31}_{15}P + {}^{0}_{-1}e + \overline{\nu}}}$$

b) Her ses på en ændring af aktiviteten over tid, så henfaldsloven kan bruges:

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

$$10{,}0 kBq = 437 GBq \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{2{,}62 timer}} \Leftrightarrow$$

$$\frac{10{,}0 \cdot 10^3 Bq}{437 \cdot 10^9 Bq} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{2{,}62 timer}} \Leftrightarrow$$

$$\ln\left(\frac{10{,}0}{437 \cdot 10^6}\right) = \frac{t}{2{,}62 timer} \cdot \ln 0{,}5 \Leftrightarrow$$

$$t = \frac{\ln\left(\frac{10{,}0}{437 \cdot 10^6}\right)}{\ln 0{,}5} \cdot 2{,}62 timer = 66{,}49856 timer$$

Dvs. prøven kan først frigives efter $\underline{\underline{66{,}5\ timer}}$

c) Da massen af prøven og den gennemsnitlige atommasse for silicium er opgivet, kan man bestemme antallet af siliciumatomer i prøven. Man skal svare på, hvor stor en procentdel af disse, der omdannes til phosphoratomer, dvs. man skal først bestemme, hvor mange Si-30-kerner, der optager en neutron.

Da der under de 20 timers bestråling hvert sekund dannes det samme antal Si-31, skal man altså bestemme dette antal og derefter gange op til 20 timers antal.

Fra tidligere har man, at der ved strålingens ophør er en aktivitet på 437GBq, og da dette ifølge teksten er det samme som det dannede antal, har man altså, at der hvert sekund dannes 437 milliarder Si-atomer. Dette giver en samlet produktion på:

$$N_P = N_{Si-31} = 437 \cdot 10^9 s^{-1} \cdot 20 \cdot 3600s = 3{,}1464 \cdot 10^{16}$$

Det samlede antal Si-atomer i prøven er:

$$N_{Si} = \frac{m_{prøven}}{m_{Si-atom}} = \frac{0{,}590kg}{28{,}1 \cdot 1{,}6605 \cdot 10^{-27} kg} = 1{,}264434 \cdot 10^{25}$$

Dvs. at den søgte procentdel er:

$$\frac{N_P}{N_{Si}} = \frac{3{,}1464 \cdot 10^{16}}{1{,}264434 \cdot 10^{25}} = 2{,}488385 \cdot 10^{-9} = \underline{\underline{2{,}49 \cdot 10^{-7}\%}}$$

Opgave 6 side 21:

a) Da rumfærgen kredser i en jævn cirkelbevægelse, må den resulterende kraft på rumfærgen svare til den centripetalkraft, der kræves for denne bevægelse. Den resulterende kraft udgøres af tyngdekraften, og da afstanden er afstanden fra jordens centrum, har man:

$$F_{tyngde} = F_c \Leftrightarrow$$

$$G \cdot \frac{m_{jord} \cdot m_{rumfærge}}{r^2} = m_{rumfærge} \cdot \frac{v^2}{r} \Leftrightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot m_{jord}}{r}} = \sqrt{\frac{6{,}67259 \cdot 10^{-11} N \cdot \frac{m^2}{kg^2} \cdot 5{,}976 \cdot 10^{24} kg}{(6371 + 250) \cdot 10^3 m}} = 7760{,}5182 m/s = \underline{\underline{7{,}76 km/s}}$$

b) De frie elektroner på satellitten og i kablet er ladede partikler, der bevæger sig gennem et magnetfelt, og derfor vil de påvirkes af $\underline{\underline{\text{Lorentzkraften}: \vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}}}$

Retningen af denne kraft bestemmes ved at se på ladningens fortegn og retningen af krydsproduktet. På figuren ses det, at hastigheden peger mod højre, mens magnetfeltet peger ind i bogen. Højrehåndsreglen siger så, at tommelfingeren skal placeres i retning af hastigheden og pegefingeren i retning af magnetfeltet, og langfingeren vil så angive retningen af krydsproduktet. Denne retning er opad. Men de ladede partikler er elektroner, der har negativ ladning, og dette vender retningen, så kraften har retningen $\underline{\underline{nedad}}$

c) For at bestemme spændingsfaldet skal man have afstanden mellem de 2 punkter og den elektriske feltstyrke i det homogene elektriske felt. Afstanden kendes (20km), og den elektriske feltstyrke bestemmes:

$$E = B \cdot v = 31 \cdot 10^{-6} T \cdot 7760{,}5182 m/s = 0{,}24057606 \frac{V}{m}$$

Og hermed bliver spændingsfaldet:

$$U = E \cdot d = 0{,}24057606 \frac{V}{m} \cdot 20 \cdot 10^3 m = 4811{,}5213V = \underline{\underline{4{,}8kV}}$$

d) Først bestemmes omløbstiden for rumfærgen, hvor man jo kender farten og radius:

$$v = \frac{O_{cirkel}}{T} \Leftrightarrow T = \frac{O_{cirkel}}{v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot (6371 + 250) \cdot 10^3 m}{7760{,}5182 m/s} = 5360{,}59177466s$$

Dette er også omløbstiden for satellitten, og da den har en radius, der er 20km større, kan man bestemme accelerationen ved:

$$a = \frac{4\cdot\pi^2}{T^2}\cdot r = \frac{4\cdot\pi^2}{(5360{,}59s)^2}\cdot(6371+250+20)\cdot 10^3 m = 9{,}1236317 m/s^2 = \underline{\underline{9{,}1 m/s^2}}$$

Denne acceleration svarer til en kraft på:

$$F_{res} = m\cdot a = 518kg\cdot 9{,}1236317 m/s^2 = 4726{,}0412N$$

Der er flere bidrag til denne resulterende kraft:
Tyngdekraften fra jorden (samt den negligerbare tyngdekraft fra rumfærgen).
Trækkraften fra kablet, som er den størrelse, der skal findes.
Lorentzkraften fra spørgsmål b), men her kender man ikke ladningernes størrelse, så denne kraft må også regnes som så lille, at man kan se bort fra den.
Det er altså kun tyngdekraften og trækkraften, der regnes på. Tyngdekraften beregnes:

$$F = G\cdot\frac{m_{satellit}\cdot m_{jord}}{r^2} = 6{,}67259\cdot 10^{-11} N\cdot\frac{m^2}{kg^2}\cdot\frac{518kg\cdot 5{,}976\cdot 10^{24}kg}{((6371+250+20)\cdot 10^3 m)^2} = 4683{,}4709N$$

Dvs. at kablet trækker i satellitten med:

$$F_{kabel} = F_{res} - F_{tyngde} = 4726{,}0412N - 4683{,}4709N = 42{,}5703N = \underline{\underline{43N}}$$

Opgave 1 side 24:

Man kender den ydre resistans og strømstyrken i kredsløbet med den elektromotoriske kraft 6,00V, så den indre resistans kan beregnes:

$$U_0 = (R_i + R_y)\cdot I \Leftrightarrow R_i = \frac{U_0}{I} - R_y = \frac{6{,}00V}{0{,}220A} - 25{,}0\Omega = 2{,}272727\Omega = \underline{\underline{2{,}3\Omega}}$$

Opgave 3 side 25:

a) Man skal bestemme Q-værdien for de to typer henfald.
Først ses på det almindelige β⁻-henfald: ${}^{82}_{34}Se \rightarrow {}^{82}_{35}Br + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$

Til beregning af Q-værdier er det kernemasser, der skal bruges, og tabellen giver atommasserne, men da man skulle trække 34 elektronmasser fra på venstresiden (Se-atomet har 34 elektroner), mens man på højresiden skulle trække 35 elektronmasser fra (Br-atomet har 35 elektroner) og derefter lægge den udsendte elektron til, så ville disse additioner og subtraktioner gå lige op, og derfor kan atommasserne af de to nuklider bruges:

$$Q = -(m_{Br-82} - m_{Se-82})\cdot 931{,}5MeV/u =$$
$$-(81{,}916802u - 81{,}916698u)\cdot 931{,}5MeV/u = \underline{\underline{-0{,}0969MeV < 0}}$$

Da Q-værdien er negativ, kan denne proces ikke forekomme.

Dobbelte β⁻-henfald: ${}^{82}_{34}Se \rightarrow {}^{82}_{36}Kr + 2\cdot{}^{0}_{-1}e + 2\cdot\bar{\nu}$

$$Q = -(m_{Kr-82} - m_{Se-82})\cdot 931{,}5MeV/u =$$
$$-(81{,}913482u - 81{,}916698u)\cdot 931{,}5MeV/u = \underline{\underline{3{,}00MeV > 0}}$$

Da Q-værdien er positiv, kan denne proces godt forekomme.

b) Først bestemmes antallet af Se-82 kerner i 2,6g:

$$N = \frac{m_{samlet}}{m_{Se-82\,atom}} = \frac{2{,}6g}{81{,}916698u \cdot 1{,}6605402 \cdot 10^{-24}\,g/u} = 1{,}9114 \cdot 10^{22}$$

Da halveringstiden er meget lang, og da der kun henfalder 32 kerner, kan dette antal regnes som konstant, og derfor kan man bruge: $A = k \cdot N$.

Aktiviteten bestemmes i enheden døgn^{-1}:

$$A = \frac{32}{132døgn} = 0{,}242424døgn^{-1}.$$

Hermed kan henfaldskonstanten bestemmes:

$$k = \frac{A}{N} = 1{,}2683 \cdot 10^{-23}\,døgn^{-1}.$$

Og så kan endelig halveringstiden bestemmes:

$$T_{½} = \frac{\ln 2}{1{,}2683 \cdot 10^{-23}\,døgn^{-1}} = 5{,}5 \cdot 10^{22}\,døgn = \underline{\underline{1{,}5 \cdot 10^{20}\,år}}$$

Opgave 5 side 27:

a) Det er transportbåndets fart og ærternes størrelse, der er afgørende for, hvor mange ærter der kan sorteres pr. døgn (eftersom ærterne placeres på en lang række).
Ethvert punkt på transportbåndet vil på et døgn have bevæget sig:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta s = v \cdot \Delta t = 0{,}80m/s \cdot 24 \cdot 3600s = 69120m$$

Da en ært i gennemsnit har diameteren 7,8mm svarer dette til:

$$N = \frac{\Delta s}{d_{ært}} = \frac{69120m}{0{,}0078m} = 8861538 = \underline{\underline{8{,}9 \cdot 10^6}} \text{ ærter.}$$

b) Der kan ses bort fra luftmodstanden, da ærterne på det korte stykke ikke vil opnå en særlig høj fart. Under faldet vil potentiel energi omdannes til kinetisk energi, mens den samlede energi er bevaret. Nulpunktet for den potentielle energi sættes til transportbåndets højde, og man har så:

$$E_{start} = E_{slut} \Leftrightarrow$$

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

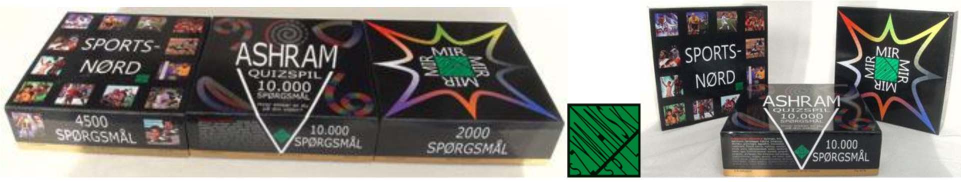
$$½ \cdot m \cdot v_{start}^2 + 0 = ½ \cdot m \cdot v_{slut}^2 + m \cdot g \cdot \Delta h \Leftrightarrow$$

$$m \cdot v_{slut}^2 = m \cdot v_{start}^2 - 2 \cdot m \cdot g \cdot \Delta h \Leftrightarrow$$

$$v_{slut}^2 = v_{start}^2 - 2 \cdot g \cdot \Delta h \Leftrightarrow$$

$$v_{slut} = \sqrt{(0{,}80m/s)^2 - 2 \cdot 9{,}82m/s^2 \cdot (-0{,}20m)} = 2{,}137288m/s = \underline{\underline{2{,}1m/s}}$$

c) De misfarvede ærter vil være påvirket af 2 kræfter mellem kapacitorpladerne – tyngdekraften og den elektromagnetiske kraft. Tyngdekraften har lodret retning, mens EM-kraften virker vandret, og derfor kan bevægelsen med fordel deles op i 2 dele – en lodret og en vandret.



Den vandrette del med EM-kraften kan bruges til at bestemme den tid, det vil tage at bevæge ærterne 40mm i vandret retning, hvorefter denne tid kan omregnes til en længde i den lodrette bevægelse.

Vandret:
Spændingsfaldet over og afstanden mellem kapacitorpladerne er opgivet, så den elektriske feltstyrke mellem pladerne kan bestemmes:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{30kV}{60mm} = \frac{30 \cdot 10^3 V}{0{,}060m} = 500000\frac{V}{m}$$

Da man også kender ladningen på ærterne, kan EM-kraftens størrelse bestemmes:

$$F = q \cdot E = 1{,}5nC \cdot 500000\frac{V}{m} = 1{,}5 \cdot 10^{-9} \cdot 500000\frac{C \cdot V}{m} = 7{,}5 \cdot 10^{-4} N$$

Dermed kan accelerationen i vandret retning bestemmes ud fra Newtons 2. lov:

$$F = m \cdot a \Leftrightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{7{,}5 \cdot 10^{-4} N}{0{,}00027kg} = 2{,}7777777778 m/s^2$$

Den vandrette bevægelse er en bevægelse med konstant acceleration og begyndelseshastigheden 0, så man har:

$$s = ½ \cdot a \cdot t^2 \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}040m}{2{,}7778 m/s^2}} = 0{,}1697056s$$

Lodret:
Her har man en bevægelse med den konstante acceleration g (tyngdeaccelerationen) og begyndelseshastigheden fra spørgsmål b). Da tiden nu kendes, kan strækningen bestemmes:

$$\Delta s = ½ \cdot g \cdot t^2 + v_0 \cdot t = ½ \cdot 9{,}82 m/s^2 \cdot (0{,}1697s)^2 + 2{,}137 m/s \cdot 0{,}1697s = 0{,}5041178m$$

Dvs. at pladerne mindst skal have længden $\underline{\underline{0{,}51m}}$

Opgave 6 side 28:

a) Da man kender massen af lederstykket, kan tyngdekraften på det bestemmes ved:

$$F_t = m \cdot g = 0{,}0026kg \cdot 9{,}82 m/s^2 = 0{,}025532N = \underline{\underline{26mN}}$$

b) Da man har et lederstykke placeret i et magnetfelt, skal man bruge formlen for "BIL-kraften". Her er det væsentligt at bemærke, at lederstykket er vinkelret på de magnetiske feltlinier, da lederstykket er vandret og feltlinierne lodrette. De 15^0 fra opgaveteksten indgår altså ikke i denne beregning:

$$F = B \cdot I \cdot l \Leftrightarrow B = \frac{F}{I \cdot l} = \frac{6{,}8 \cdot 10^{-3} N}{1{,}85A \cdot 0{,}050m} = 0{,}0735135T = \underline{\underline{74mT}}$$

c) Lederstykket er påvirket af tre kræfter, der summeret som vektorer vil ophæve hinanden (F_{res} = 0, da lederstykket hænger stille).
Tyngdekraften peger nedad og har størrelsen 26mN.
Kraften fra ledningerne peger opad i retningen angivet af ledningerne (15^0 i forhold til lodret).
BIL-kraften har størrelsen 6,8mN, og dens retning må være vandret mod højre. At det er vandret følger af, at retningen skal være vinkelret på både lederstykket og de magnetiske feltlinier, og at det er mod højre ses ved, at lederstykket ellers ikke ville hænge til den side. Der er ikke andre måde at

afgøre det på, da man ikke har fået strømmens retning opgivet (men man kan se, at den må være ud af papiret).

De 3 kræfter danner altså en retvinklet trekant, hvor kraften fra ledningerne udgør hypotenusen, BIL-kraften udgør den modstående katete til vinklen på 15^0 og den hosliggende katete viser tyngdekraften.

Så kan kraften fra ledningerne beregnes ved:

$$\cos 15^0 = \frac{F_{tyngde}}{F_{ledninger}} \Leftrightarrow F_{ledninger} = \frac{F_{tyngde}}{\cos 15^0} = \frac{0{,}025532N}{\cos 15^0} = 0{,}02643267N = \underline{\underline{26mN}}$$

Man kunne også bruge den anden opgivne kraft og bruge:

$$\sin 15^0 = \frac{F_{BIL}}{F_{ledninger}} \Leftrightarrow F_{ledninger} = \frac{F_{BIL}}{\sin 15^0} = \frac{0{,}0068N}{\sin 15^0} = 0{,}026273N = \underline{\underline{26mN}}$$

Da antallet af betydende cifre i opgaven viser, at facit kan findes med 2 betydende cifre, er der overensstemmelse.

d) Da der virker 3 kræfter på lederstykket, er der 3 kræfter, der kan udføre et arbejde på det. Men kraften fra ledningerne virker vinkelret på bevægelsen, så denne kraft udfører ikke noget arbejde. Det er altså tyngdekraften og BIL-kraften, der udfører arbejdet.

Det kunne virke oplagt at bruge $A = \vec{F} \cdot \Delta\vec{s}$ til at bestemme arbejdet, men her er problemet, at kraften hele tiden har retning vandret mod højre, mens bevægelsen følger en cirkel, og derfor vil vinklen mellem dem hele tiden ændres, og man skulle derfor ud i en temmelig kompliceret integration.

Derfor anvendes en langt simplere metode:

$$A_{res} = \Delta E_{kin}$$

Den resulterende krafts arbejde på lederstykket er altså 0, da der ikke er en tilvækst i E_{kin}.

Og da man har:

$$A_{res} = A_{tyngde} + A_{BIL} \,,$$

må tyngdekraftens og BIL-kraftens arbejde være lige stort (med forskellige fortegn). Og da tyngdekraftens arbejde er meget nemt at udregne, findes A_{BIL} meget let:

$$A_{BIL} = A_{tyngde} = -\Delta E_{pot} = -m_{lederstykke} \cdot g \cdot \Delta h = -m_{lederstykke} \cdot g \cdot (h_{slut} - h_{start}) =$$

$$0{,}0026kg \cdot 9{,}82m/s^2 \cdot (0{,}30m - 0{,}30m \cdot \cos 15^0) = 2{,}609945 \cdot 10^{-4} J = \underline{\underline{2{,}6 \cdot 10^{-4} J}}$$

Det pågældende arbejde har negativt fortegn, men der blev spurgt om størrelsen.

Δh er det lodrette stykke, som lederstykket er sænket.

Opgave 1 side 30:

a) Bølgelængden kan bestemmes ud fra gitterformlen, hvor pletterne svarer til 1. orden:

$$\sin\theta = \frac{n \cdot \lambda}{d} \Leftrightarrow \lambda = \frac{\sin\theta \cdot d}{n} = \frac{\sin 29{,}8^0 \cdot 1{,}333 \cdot 10^{-6} m}{1} = 6{,}62466 \cdot 10^{-7} m = \underline{\underline{662nm}}$$

Opgave 2 side 31:

a) Man kan vælge at beregne ladningen på den plade, der er positivt ladet (den anden plade har samme størrelse negativ ladning). Da spændingsfaldet og kapacitansen kendes, har man:

$$Q = C \cdot U = 0{,}740\,pF \cdot 5{,}00V = 0{,}740 \cdot 10^{-12}\,F \cdot 5{,}00V = \underline{\underline{3{,}7 \cdot 10^{-12}\,C}}$$

b) Først beregnes det, hvor stor kapacitansen skal være:

$$C_2 - C_1 = 0{,}250\,pF \Leftrightarrow C_2 = 0{,}250\,pF + C_1 \Leftrightarrow C_2 = 0{,}250\,pF + 0{,}740\,pF = 0{,}990\,pF$$

Kapacitansen for en pladekapacitor er givet ved $C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$, og da arealet af pladerne ikke ændrer sig, er A konstant:

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{0{,}740\,pF}{0{,}990\,pF} \Leftrightarrow \frac{\varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d_1}}{\varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d_2}} = \frac{0{,}740}{0{,}990} \Leftrightarrow \frac{d_2}{d_1} = \frac{0{,}740}{0{,}990} \Leftrightarrow d_2 = \frac{0{,}740}{0{,}990} \cdot 0{,}600mm = 0{,}4484848mm$$

Dvs. at tasten mindst skal trykkes $0{,}600mm - 0{,}448mm = \underline{\underline{0{,}152mm}}$ ned for at tastningen registreres.

Opgave 3 side 31:

a) Man kan enten beregne energi i eV eller J. Her vælges J:

$$E_{foton} = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6{,}626 \cdot 10^{-34} J \cdot s \cdot 299792458 m/s}{10{,}6 \cdot 10^{-6} m} = 1{,}874007 \cdot 10^{-20} J = \underline{\underline{1{,}87 \cdot 10^{-20} J}}$$

b) Først bestemmes det, hvor meget vævsmasse, der fordampes pr. sekund:

$$E = m \cdot L_f \Leftrightarrow m = \frac{E}{L_f} = \frac{60J}{2{,}4 \cdot 10^3 J/g} = 0{,}025g$$

Da man kender densiteten, kan denne masse omregnes til et volumen:

$$\rho = \frac{m}{V} \Leftrightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{0{,}025g}{0{,}95g/cm^3} = 0{,}02631579 cm^3$$

Når strålen bevæges hen over vævet, dannes der et kasseformet hul (med halvcirkler i enderne, men det kan man se bort fra). Dette hul har bredden 0,40mm (diameteren af strålen), og pr. sekund er længden 2,0cm. Da man kender det fordampede rumfang, kan man dermed finde dybden:

$$V = b \cdot l \cdot d \Leftrightarrow d = \frac{V}{b \cdot l} = \frac{0{,}02631579 cm^3}{0{,}040 cm \cdot 2{,}0 cm} = 0{,}328947 cm = \underline{\underline{3{,}3mm}}$$

Opgave 4 side 32:

a) Vi kender tyngdeaccelerationen, så kablets længde kan findes ved at isolere L i formlen og indsætte de kendte værdier:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} \quad \Leftrightarrow \quad L = \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 \cdot g = \left(\frac{6{,}65s}{2\pi}\right)^2 \cdot 9{,}82 \frac{m}{s^2} = 11{,}00005969 m = \underline{\underline{11{,}0m}}$$

b) Kuglens fart i midterstillingen kan nemmest findes ud fra en energibetragtning. I yderstillingen hænger kuglen stille, og den kinetiske energi er derfor 0 her. Da systemet kan betragtes som et mekanisk isoleret system, er den mekaniske energi bevaret, og ved bevægelsen fra yderstillingen til midterstillingen vil potentiel energi omdannes til kinetisk energi, således at forskellen i potentiel energi mellem yderstillingen og midterstillingen vil svare til den kinetiske energi i midterstillingen (da denne som nævnt er 0 i yderstillingen).

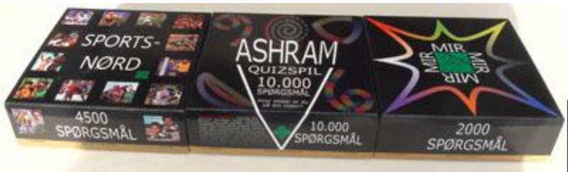
$$m \cdot g \cdot \Delta h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{midterstilling}^2 \quad \Leftrightarrow$$

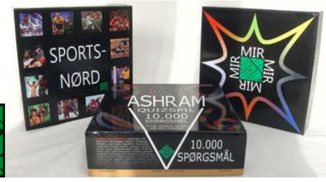
$$v_{midterstilling} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h} = \sqrt{2 \cdot 9{,}82 \frac{m}{s^2} \cdot 0{,}029m} = 0{,}754692 \frac{m}{s} = \underline{\underline{0{,}75 \frac{m}{s}}}$$

c) Den resulterende kraft udgør centripetalkraften i cirkelbevægelsen (da den kan betragtes som en cirkelbevægelse med konstant fart). Så man har:

$$F_{res} = F_c = m \cdot \frac{v^2}{r} = 32{,}86kg \cdot \frac{\left(0{,}754692 \frac{m}{s}\right)^2}{11{,}0m} = 1{,}70143N = \underline{\underline{1{,}70N}}$$

De to kræfter, som kuglen er påvirket af (og som altså tilsammen giver den resulterende kraft), er tyngdekraften og snorkraften. Tyngdekraften peger lodret nedad, mens snorkraften i midterstillingen peger lodret opad. Den resulterende kraft peger ind mod centrum for cirkelbevægelsen, dvs. den peger lodret opad i midterstillingen. Dermed har man:





Løsningerne er hentet på www.szymanskispil.dk Quizspillene ASHRAM, MIR og SPORTSNØRD

$$F_{res} = F_{snor} - F_t \quad \Leftrightarrow$$

$$F_{snor} = F_{res} + F_t = 1{,}70143N + m \cdot g = 1{,}70143N + 32{,}86kg \cdot 9{,}82\frac{m}{s^2} = 324{,}366N = \underline{\underline{3{,}2 \cdot 10^2\,N}}$$

Opgave 6 side 34:

a) Krypton er grundstof nr. 36, og uran er nr. 92. De 2 udsendte neutroner udgør 2 nukleoner og ingen ladning. Så man kan bestemme nukleontallet og protontallet for den anden dannede kerne ved de 2 bevarelsessætninger:

$$A = 238 - 90 - 2 = 146$$

$$Z = 92 - 36 = 56$$

Det er altså en bariumisotop, og henfaldsskemaet bliver: $\underline{\underline{{}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{90}_{36}Kr + {}^{146}_{56}Ba + 2 \cdot {}^{1}_{0}n}}$

For at bestemme Q-værdien skal der egentlig regnes på kernemasser, men da man på begge sider skulle trække 92 elektroner fra atommasserne, går det lige op, og atommasserne kan benyttes direkte:

$$Q = -\Delta m \cdot 931{,}5 MeV/u = \left(m_{U-238} - m_{Kr-90} - m_{Ba-146} - 2 \cdot m_n\right) \cdot 931{,}5 MeV/u =$$
$$\left(238{,}050785u - 89{,}91952u - 145{,}9301u - 2 \cdot 1{,}0086649u\right) \cdot 931{,}5 MeV/u =$$
$$0{,}1838352u \cdot 931{,}5 MeV/u = 171{,}2424888 MeV = \underline{\underline{171{,}2 MeV}}$$

b) Den bremsende krafts arbejde er negativt, og da det er den resulterende kraft svarer det (pr. definition) til tilvæksten i kinetisk energi. Da kraft og bevægelse er modsatrettede, har man:

$$A = \Delta E_{kin} \Leftrightarrow$$
$$-F \cdot \Delta s = E_{kin,slut} - E_{kin,start} \Leftrightarrow$$
$$-F \cdot \Delta s = -E_{kin,start} \Leftrightarrow$$
$$\Delta s = \frac{E_{kin,start}}{F} = \frac{87 MeV \cdot 1{,}60217733 \cdot 10^{-13} J/MeV}{2{,}9 \cdot 10^{-6} N} = 4{,}80653 \cdot 10^{-6} m = \underline{\underline{4{,}8 \mu m}}$$

c) Først beregnes antallet af U-235 kerner, da det kan bruges til at beregne antallet af U-238 kerner, der så vha. den opgivne halveringstid kan bruges til at bestemme alderen:
Antallet af U-235 spor giver ligningen:

$$7{,}00 \cdot 10^{-3}\% \cdot N_{U-235} = 2675 \Leftrightarrow N_{U-235} = \frac{2675}{7{,}00 \cdot 10^{-5}} = 3{,}821 \cdot 10^{7}$$

Dette kan bruges til at beregne antallet af U-238 kerner:

$$N_{U-238} = 137{,}9 \cdot N_{U-235} = 137{,}9 \cdot 3{,}821 \cdot 10^{7} = 5{,}26975 \cdot 10^{9}$$

De 233 U-238 spor fortæller, hvor mange henfald der har været af U-238 i mineralets ”levetid”. Det er opgivet i den indledende tekst, at det er $4{,}53 \cdot 10^{-5}\%$ af henfaldene, der er spontan fission, så antallet af henfald (der kan betegnes -ΔN) må have været:

$$-\Delta N \cdot 4{,}53 \cdot 10^{-5}\% = 233 \Leftrightarrow -\Delta N = \frac{233}{4{,}53 \cdot 10^{-7}} = 5{,}1435 \cdot 10^{8}$$

Dette tal er samme størrelsesorden som antallet af U-238 kerner ved måletidspunktet (nutiden), så tidsrummet fra dannelsen må være så lang, at antallet af U-238 kerner ikke kan regnes som værende konstant i tidsrummet.

Man kan finde antallet af U-238 kerner fra start:

$$N_0 = 5{,}26975 \cdot 10^{9} + 5{,}1435 \cdot 10^{8} = 5{,}784 \cdot 10^{9}$$

Og så kan mineralets levealder bestemmes vha. henfaldsloven:

$$N = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{½}}} \Leftrightarrow t = T_{½} \cdot \frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{\ln 0{,}5} = 4{,}46 \cdot 10^9\,år \cdot \frac{\ln\left(\frac{5{,}26975 \cdot 10^9}{5{,}784 \cdot 10^9}\right)}{\ln 0{,}5} = 599235212år$$

Dvs. at mineralets alder er ca. $\underline{\underline{600\ millioner\ \ år}}$

Dette tal er så stort i forhold til de registrerede 233 spor, at man kan regne antallet af U-238 som værende stort set konstant, hvorfor aktiviteten også kan regnes for at være konstant.
Den beregnes til at være:

$$A = k \cdot N = \frac{\ln 2}{T_{½}} \cdot N = \frac{\ln 2}{4{,}46 \cdot 10^9\,år} \cdot 5{,}26975 \cdot 10^9 = 0{,}81899år^{-1}$$

Og da man har talt 233 spor i prøven, må dens alder derfor være:

$$Alder = \frac{233}{0{,}81899år^{-1}} = 284{,}495437år = \underline{\underline{284år}}$$

Opgave 4 side 42:

a) Galliums atommasse slås op til 69,723u, så antallet af kerner/atomer i beholderen er:

$$N = \frac{m_{samlet}}{m_{Ga-atomer(vægtet\ gennemsnit)}} = \frac{30{,}3 \cdot 1000kg}{69{,}723 \cdot 1{,}6605402 \cdot 10^{-27}kg} = 2{,}61708 \cdot 10^{29} = \underline{\underline{2{,}62 \cdot 10^{29}}}$$

b) Først beregnes Q-værdien for processen (neutrinoen indgår ikke, da den ifølge opgaveteksten regnes som masseløs). Man kan bruge atommasserne for de 2 nuklider i stedet for kernemasserne, da man på venstresiden skulle trække 31 elektronmasser fra, mens man på højresiden skulle trække 32 elektronmasser fra og lægge 1 til:

$$Q = \left(m_{Ga-71} - m_{Ge-71}\right) \cdot 931{,}5MeV/u = \left(70{,}924701u - 70{,}924954u\right) \cdot 931{,}5MeV/u =$$
$$-0{,}000253u \cdot 931{,}5MeV/u = -0{,}236MeV$$

Q-værdien er negativ, dvs. at der tilsyneladende skabes energi ved processen, hvilket jo ikke kan lade sig gøre. For at processen skal kunne forløbe, må der tilføres så meget (kinetisk) energi, at Q-værdien kommer over 0. Dette sker ikke med neutrinoer, der har energier mindre end 0,236MeV, og derfor kan de ikke få processen til at forløbe.

c) Der vil opstå en ligevægtssituation, hvor der dannes lige så mange Ge-71 kerner, som der henfalder inden for et vist tidsrum. Dette vil ske, for når der henfalder flere kerner, end der dannes, så bliver antallet af kerner mindre, hvilket ikke betyder noget for dannelsen af kernerne, men som betyder, at færre kerner henfalder ($A \propto N$). Og hvis der i modsatte tilfælde henfalder færre kerner, end der dannes, vil antallet af kerner øges, hvilket kun vil påvirke antallet af henfald opad.
Der dannes 1,17 Ge-71 kerner pr. døgn, dvs. at ved ligevægten er aktiviteten af Ge-71 kerner:

$$A = 1{,}17døgn^{-1}$$

Desuden er:

$$k = \frac{\ln 2}{T_{½}} = \frac{\ln 2}{11{,}2døgn}$$

Og hermed kan antallet af kerner bestemmes:

$$A = k \cdot N \Leftrightarrow N = \frac{A}{k} = 1{,}17døgn^{-1} \cdot \frac{11{,}2døgn}{\ln 2} = 18{,}90508 = \underline{\underline{19}}\ \text{(et helt tal, da det er et antal)}$$

Opgave 6 side 45:

a) Spændingsfaldet over spændingskilden svarer til spændingsfaldet over kredsløbet, så man har:
$$U = R \cdot I = 0{,}62\Omega \cdot 9{,}3A = 5{,}766V = \underline{\underline{5{,}8V}}$$

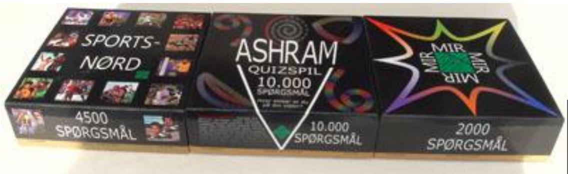
b) Da begyndelseshastigheden er 0, og da man kan sætte begyndelsesstedet til også at være 0 (det kan jo sættes til hvad som helst), har man:
$$v^2 = 2 \cdot a \cdot s \Leftrightarrow a = \frac{v^2}{2 \cdot s} = \frac{(0{,}96m/s)^2}{2 \cdot 0{,}060m} = 7{,}68m/s^2 = \underline{\underline{7{,}7m/s^2}}$$
Da man kender accelerationen og pladens masse, kan man bestemme den resulterende kraft:
$$F_{res} = m \cdot a = 0{,}0042kg \cdot 7{,}68m/s^2 = 0{,}032256N$$
Da man har en metalplade, der fungerer som en elektrisk leder, som befinder sig i et magnetfelt, er det BIL-kraften, der udgør den resulterende kraft (egentlig har man også ladninger, der bevæger sig gennem et magnetfelt, når pladens bevæger sig, men denne hastighed er så lille, at den pågældende kraft bliver negligerbar, og har den en retning vinkelret på bevægelsen, så den vil kun evt. kunne give noget gnidning):
$$F = B \cdot I \cdot l \Leftrightarrow B = \frac{F}{I \cdot l} = \frac{0{,}032256N}{9{,}3A \cdot 0{,}046m} = 0{,}0753997T = \underline{\underline{0{,}075T}}$$

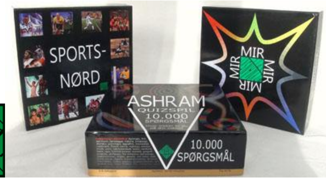
c) Pladen opnår ikke en særlig høj fart på det lille stykke, så der kan ses bort fra luftmodstanden.
Den vandrette bevægelse er så en bevægelse med konstant hastighed, mens den lodrette bevægelse har konstant acceleration. Den lodrette bevægelse kan bruges til at finde det tidsrum, som pladen er i luften, hvorefter det kan omregnes til længden af den vandrette bevægelse:
Lodret:
Begyndelseshastigheden er 0 i denne retning, så man har:
$$s = ½ \cdot g \cdot t^2 \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}78m}{9{,}82m/s^2}} = 0{,}3985718s$$
Vandret:
Her er den konstante hastighed 0,96m/s, så den vandrette længde er:
$$s = v \cdot t = 0{,}96m/s \cdot 0{,}3985718s = 0{,}3826289m = \underline{\underline{38cm}}$$

Opgave 2 side 49:

a) Stearinlyset er påvirket af 2 kræfter: Tyngdekraften og opdriften.
Det er hele stearinlysets masse, der er påvirket af tyngdekraften, mens opdriften kun afhænger af rumfanget af den del af lyset, der er under vandet.
Tyngdekraften har retning nedad og opdriften opad, og da lyset står stille i vandet, må de 2 kræfter være lige store. Man har derfor:
$$F_t = F_{op} \Leftrightarrow m_{hele\ lyset} \cdot g = V_{lys\ under\ vand} \cdot \rho_{vand} \cdot g \Leftrightarrow m_{hele\ lyset} = V_{lys\ under\ vand} \cdot \rho_{vand} \Leftrightarrow$$
$$\rho_{hele\ lyset} \cdot V_{hele\ lyset} = V_{lys\ under\ vand} \cdot \rho_{vand} \Leftrightarrow \underline{\rho_{hele\ lyset} = \frac{V_{lys\ under\ vand}}{V_{hele\ lyset}} \cdot \rho_{vand}}$$

Dette giver en metode til at bestemme densiteten af lyset (eller udregne hvor stor en del af et isbjerg, der ligger over vandet), hvis man kender densiteten af vand.
Man skal bestemme, hvor stor en procentdel af lyset, der er under vandet, og denne del skal ganges med vandets densitet. Procentdelen kan bestemmes ved at måle med en lineal på figuren, da forholdet mellem højderne svarer til forholdet med rumfangene.





Løsningerne er hentet på www.szymanskispil.dk Quizspillene ASHRAM, MIR og SPORTSNØRD

Ved at måle på billedet fås:

$$\rho_{hele\ lyset} = \frac{V_{lys\ under\ vand}}{V_{hele\ lyset}} \cdot \rho_{vand} = \frac{4{,}3}{4{,}8} \cdot 1{,}0\,g/cm^3 = \underline{\underline{0{,}90\,g/cm^3}}$$

Opgave 3 side 50:

a) Man kan enten se på de mulige overganges energi og omregne dem til bølgelængder af det udsendte lys, eller man kan tage udgangspunkt i, at man kender bølgelængden og så omregne den til en energi, der kan sammenlignes med de mulige overgange. Det sidste kræver færre udregninger, så den metode vælges:

$$E_{foton} = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}\, J \cdot s \cdot 3{,}00 \cdot 10^{8}\, m/s}{420 \cdot 10^{-9}\, m} = 4{,}735714 \cdot 10^{-19}\, J = \underline{0{,}474 aJ}$$

Man kan se, at dette svarer til overgangen fra $\underline{\underline{B \to O}}$

Opgave 5 side 52:

a) Ved at bruge nukleontalsbevarelsen ses den dannede Ar-kerne at have samme nukleontal som K-40, da neutrinoer og elektroner ikke er nukleoner:

$\underline{\underline{{}^{0}_{-1}e + {}^{40}_{19}K \to {}^{40}_{18}Ar + \nu}}$ eller hvis fotonudsendelsen inkluderes: $\underline{\underline{{}^{0}_{-1}e + {}^{40}_{19}K \to {}^{40}_{18}Ar + \nu + \gamma}}$

Det kan bemærkes, at da elektronen og neutrinoen har leptontallet 1, er dette tal også bevaret.

b) Antallet af K-40 henfald pr. døgn er så:

$$0{,}11 \cdot A = 3{,}25 \cdot 10^{6} \Leftrightarrow A = \frac{3{,}25 \cdot 10^{6}}{0{,}11} = 2{,}955 \cdot 10^{7}$$

Dette kan så omregnes til Bq:

$$A = \frac{2{,}955 \cdot 10^{7}}{24 \cdot 3600 s} = 341{,}961279 s^{-1} = \underline{\underline{342 Bq}}$$

c) I databogen findes K-40's halveringstid til 1,28Går.
Dette kan bruges til at bestemme antallet af K-40 kerner i prøven:

$$A = k \cdot N \Leftrightarrow N = \frac{A}{k} = \frac{A \cdot T_{½}}{\ln 2} = \frac{341{,}961279 Bq \cdot 1{,}28 \cdot 10^{9} \cdot 365{,}2422 \cdot 24 \cdot 3600 s}{\ln 2} = 1{,}9928 \cdot 10^{19}$$

I databogen kan man finde den procentdel (molbrøk), som K-40 kerner udgør af naturligt forekommende K-isotoper. Det findes i stikordsregisteret under "naturligt forekommende nuklider", hvilket i databogen fra 1998 står på side 210. Her ses det, at det er 0,0117% af kaliumkernerne, der er K-40. Dermed er antallet af kaliumkerner:

$$0{,}000117 \cdot N_K = 1{,}9928 \cdot 10^{19} \Leftrightarrow N_K = 1{,}7032 \cdot 10^{23}$$

Da kaliums gennemsnitlige atommasse er 39,10u, giver dette en masse af kalium:

$$m_{kalium} = m_{K-atom} \cdot N_K = 39{,}10 u \cdot 1{,}7032 \cdot 10^{23} = 0{,}0110585 kg$$

Dermed er det procentvise masseindhold i bananerne:

$$Indhold = \frac{0{,}0110585 kg}{2{,}975 kg} = 0{,}00371714 = \underline{\underline{0{,}372\%}}$$

Opgave 2 side 60:

Den samlede energi bestående af masseenergi og kinetisk energi er bevaret ved processen, så man har:

$$E_{kin,e-p} + 2 \cdot m_e = E_{kin,\tau-\tau} + 2 \cdot m_\tau \Leftrightarrow$$

$$m_\tau = \frac{E_{kin,e-p}}{2} + m_e - \frac{E_{kin,\tau-\tau}}{2} = \frac{4{,}00 \cdot 1000 MeV}{931{,}5 Mev/u} + 5{,}49 \cdot 10^{-4} u - \frac{4{,}45 \cdot 1000 MeV}{2 \cdot 931{,}5 MeV/u} = 1{,}906078 u = \underline{\underline{1{,}91 u}}$$

Det kan bemærkes, at denne 'lette' partikel tau-leptonen er tungere end protonen, så elektronens masse spillede ikke rigtigt nogen rolle i udregningen.

Opgave 4 side 61:

a) Luften ændrer ikke det elektriske felt inde i kapacitoren, så man kan regne, som om der var vakuum i mellemrummet. Da kapacitansen for en bestemt afstand mellem pladerne kendes, kan man bestemme pladernes areal med:

$$C=\varepsilon_0\cdot\frac{A}{d}\Leftrightarrow A=\frac{C\cdot d}{\varepsilon_0}=\frac{3{,}10\,pF\cdot 4{,}00mm}{8{,}85\cdot 10^{-12}F/m}=\frac{3{,}10\cdot F\cdot 4{,}00\cdot 10^{-3}m}{8{,}85F/m}=0{,}0014011m^2=\underline{\underline{1{,}40\cdot 10^{-3}m^2}}$$

b) Når mønterne placeres i kapacitoren, så ændres afstanden mellem kapacitorpladerne, da mønten kommer til at fungere som den ene plade. Afstanden mellem mønten og den anden plade bestemmes:

$$C=\varepsilon_0\cdot\frac{A}{d_1}\Leftrightarrow d_1=\frac{A\cdot\varepsilon_0}{C}=\frac{0{,}0014011m^2\cdot 8{,}85\cdot 10^{-12}F/m}{4{,}95\cdot 10^{-12}F}=0{,}002504997m=2{,}50mm$$

$$C=\varepsilon_0\cdot\frac{A}{d_2}\Leftrightarrow d_2=\frac{A\cdot\varepsilon_0}{C}=\frac{0{,}0014011m^2\cdot 8{,}85\cdot 10^{-12}F/m}{5{,}05\cdot 10^{-12}F}=0{,}002455539m=2{,}46mm$$

Dvs. at de godkendte mønttykkelser ligger mellem:

$x_1=4{,}00mm-2{,}50mm=\underline{\underline{1{,}50mm}}$ og $x_2=4{,}00mm-2{,}46mm=\underline{\underline{1{,}54mm}}$

Opgave 3 side 71:

a) Da man kender energi-intervallet for fotonerne, kan man først finde frekvensen med $E_{foton}=h\cdot f$ og derefter bølgelængden med $c=f\cdot\lambda$. Hvis man slår de 2 formler sammen, så kan omregningen foregå i ét skridt:

$$\lambda_{\max}=\frac{c}{f}=\frac{c\cdot h}{E_{foton,\min}}=\frac{299792458m/s\cdot 6{,}626\cdot 10^{-34}J\cdot s}{1{,}80\cdot 10^{-18}J}=1{,}1035819\cdot 10^{-7}m=\underline{\underline{110nm}}$$

$$\lambda_{\min}=\frac{c\cdot h}{E_{foton,\max}}=\frac{299792458m/s\cdot 6{,}626\cdot 10^{-34}J\cdot s}{2{,}00\cdot 10^{-18}J}=9{,}932237\cdot 10^{-8}m=\underline{\underline{99{,}3nm}}$$

b) Da fotonerne har energier mellem 1,80-2,00aJ, kan de kun excitere hydrogenatomet op til tilstand B. Når detektoren er i position 1, må man derfor forvente, at alle fotonerne passerer uhindret igennem gassen til detektoren, bortset fra dem med en energi på 1,94aJ, hvor en del vil absorberes af hydrogenatomerne.

Hydrogenatomerne i den exciterede tilstand kan henfalde til grundtilstanden på 2 måder. Enten direkte, hvilket giver en udsendelse af lys med energien 1,94aJ (hvilket foregår i alle retninger, dvs. det kan ikke ophæve mere end en lille del af den absorption, der ses i position 1), eller også ved først at springe fra tilstand B til A under udsendelse af fotoner med energien 0,30aJ og derefter fra tilstand A til O under udsendelse af fotoner med energien 1,64aJ.

I position 1 må man altså forvente at detektere fotonerne i området 1,80-2,00aJ med en svækkelse ved 1,94aJ og samtidig noget udsendelse ved 0,30aJ og 1,64aJ. Dette svarer til $\underline{\underline{graf\ 3}}$.

I position 2 må man forvente udsendelser svarende til de 3 excitationer 0,30aJ, 1,64aJ og 1,94aJ. Dette ses at være $\underline{\underline{graf\ 6}}$.

Opgave 4 side 73:

a) Voltmeteret, kapacitoren og resistoren er parallelforbundet, og dermed er spændingsfaldene over dem ens og lig med spændingsfaldet over spændingskilden. Da man altså kender spændingsforskellen over resistoren og dens resistans, kan man bestemme strømstyrken gennem den:

$$U = R \cdot I \Leftrightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{200V}{10k\Omega} = \frac{200V}{10 \cdot 10^3 \Omega} = \underline{\underline{0{,}020A}}$$

b) Som nævnt er spændingsfaldet over kapacitoren også 200V, og da man kender kapacitansen, kan man beregne ladningen på den ene af pladerne (f.eks. den med positiv ladning):

$$Q = C \cdot U = 0{,}20\mu F \cdot 200V = 0{,}20 \cdot 10^{-6} F \cdot 200V = \underline{\underline{4{,}0 \cdot 10^{-5} C}}$$

c) Man kender afstanden fra A til B, så for at bestemme kuglens fart mellem A og B skal tidsrummet mellem de 2 punkters passage bestemmes. Dette kan gøres ud fra det opgivne udtryk:

$$U = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}} \Leftrightarrow$$

$$142V = 200V \cdot e^{-\frac{t}{10 \cdot 10^3 \Omega \cdot 0{,}20 \cdot 10^{-6} F}} \Leftrightarrow$$

$$\frac{142V}{200V} = e^{-\frac{t}{0{,}0020s}} \Leftrightarrow$$

$$\ln\left(\frac{142}{200}\right) = -\frac{t}{0{,}0020s} \Leftrightarrow$$

$$t = -0{,}0020s \cdot \ln\left(\frac{142}{200}\right) = 6{,}8498 \cdot 10^{-4} s$$

Og så kan farten bestemmes til:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{0{,}20m}{6{,}8498 \cdot 10^{-4} s} = 291{,}9791 m/s = \underline{\underline{0{,}29 km/s}}$$

Opgave 6 side 75:

a) Hastigheden er under 1% af lysets hastighed, så der er ikke problemer med at regne klassisk:

$$E_{kin} = ½ \cdot m \cdot v^2 = ½ \cdot 4{,}00 \cdot 1{,}6605 \cdot 10^{-27} kg \cdot \left(6{,}94 \cdot 10^5 m/s\right)^2 = 1{,}5995519 \cdot 10^{-15} J = \underline{\underline{1{,}60 \cdot 10^{-15} J}}$$

b) Man har at gøre med ladede partikler, der bevæger sig gennem et magnetfelt, og derfor er det Lorentzkraften, der skal bestemmes. Da magnetfeltet står vinkelret på bevægelsesretningen er størrelsen af denne:

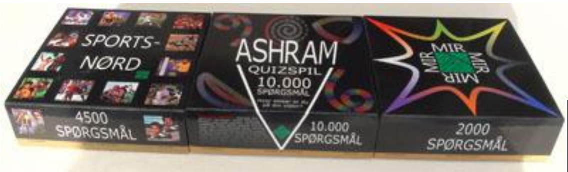
$$F = q \cdot v \cdot B$$

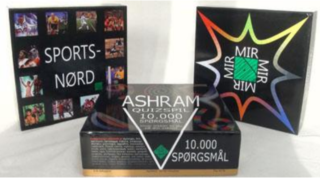
Lorentzkraften udgør den resulterende kraft, og den skal derfor fungere som centripetalkraft i (kvart-)cirkelbevægelsen:

$$F_{res} = F_c \Leftrightarrow$$

$$q \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{r} \Leftrightarrow$$

$$B = \frac{m \cdot v}{q \cdot r} = \frac{4{,}00u \cdot 6{,}94 \cdot 10^5 m/s}{1e \cdot 1{,}20m} = \frac{4{,}00 \cdot 1{,}6605 \cdot 10^{-27} kg \cdot 6{,}94 \cdot 10^5 m/s}{1{,}602 \cdot 10^{-19} C \cdot 1{,}20m} = 0{,}023978T = \underline{\underline{24{,}0mT}}$$





c) Da helium<u>atomerne</u> i modsætning til helium<u>ionerne</u> ikke afbøjes, så registreres kun henfaldene fra 1 af de 4 rør, så det registrerede antal heliumatomer er kun ¼ af det antal heliumioner, der er henfaldet.
Der er altså henfaldet: $-\Delta N = 4{,}3 \cdot 10^4 \cdot 4 = 1{,}72 \cdot 10^5$
Dvs. at der nu er: $N = 6{,}0 \cdot 10^5 - 1{,}72 \cdot 10^5 = 4{,}28 \cdot 10^5$ tilbage.
Da man også kender tidsrummet, kan halveringstiden bestemmes:

$$N = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{½}}} \Leftrightarrow$$

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = \frac{t}{T_{½}} \cdot \ln 0{,}5 \Leftrightarrow$$

$$T_{½} = \frac{t \cdot \ln 0{,}5}{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)} = \frac{100 \cdot 10^{-6}\, s \cdot \ln 0{,}5}{\ln\left(\frac{4{,}28 \cdot 10^5}{6{,}0 \cdot 10^5}\right)} = 2{,}051906 \cdot 10^{-4}\, s = \underline{\underline{0{,}21 ms}}$$

<u>Opgave 2 side 79:</u>

a) Da spændingsfaldet over kapacitoren er 0, vil hele spændingsfaldet ligge over resistoren, og da dennes resistans kendes, kan man finde strømstyrken gennem den, hvilket svarer til strømstyrken gennem kredsløbet, da der ikke er nogen forgreninger:

$$U = R \cdot I \Leftrightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{20{,}0V}{2{,}5 \cdot 10^6 \Omega} = 8{,}0 \cdot 10^{-6} A = \underline{\underline{8{,}0 \mu A}}$$

b) Spændingsfaldet over kredsløbet fordeles over resistoren og kapacitoren, da de sidder i serie. Dermed er:

$$20{,}0V = U_{resistor} + U_{kapacitor} \Leftrightarrow$$

$$U_{kapacitor} = 20{,}0V - R \cdot I \Leftrightarrow$$

$$U_{kapacitor} = 20{,}0V - 2{,}5 \cdot 10^6 \Omega \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-6} A = 20{,}0V - 12{,}5V = \underline{\underline{7{,}5V}}$$

Nu kendes spændingsfaldet, og kapacitorens kapacitans er angivet på figuren, så ladningen på den ene kapacitorplade kan bestemmes (her vælges den positive ladning):

$$Q = C \cdot U = 4{,}7 \cdot 10^{-6} F \cdot 7{,}5V = 3{,}525 \cdot 10^{-5} C = \underline{\underline{35 \mu C}}$$

<u>Opgave 3 side 80:</u>

a) Ladningstallet og massetallet skal være bevaret: $\underline{\underline{{}^{239}_{94}Pu \rightarrow {}^{235}_{92}U + {}^{4}_{2}He}}$

Der kan regnes på atommasser i stedet for kernemasser, da antallet af elektroner på begge sider er det samme:

$$\Delta m = (m_{U-235} + m_{He-4}) - m_{Pu-239} = (235{,}043924u + 4{,}00260324u) - 239{,}052158u = -0{,}00563076u$$

Q-værdien bestemmes:

$$Q = -(-0{,}00563076u) \cdot 931{,}5 MeV/u \cdot 1{,}60217733 \cdot 10^{-13} J/MeV = 8{,}4035 \cdot 10^{-13} J = \underline{\underline{0{,}84 pJ}}$$

b) Da man har fordampning af nitrogen gælder:

$$E_{tilført} = m_{fordampet} \cdot L_{f,nitrogen} \Leftrightarrow \frac{E_{tilført}}{\Delta t} = \frac{m_{fordampet}}{\Delta t} \cdot L_{f,nitrogen} \Leftrightarrow$$

$$P_{tilført} = \frac{m_{fordampet}}{\Delta t} \cdot L_{f,nitrogen} = \frac{0,069g}{60s} \cdot 200J/g = 0,23J/s = \underline{\underline{0,23W}}$$

c) Da man kender den frigivne energi (Q-værdien) af de enkelte henfald, og da man kender den effekt, henfaldene tilfører, kan aktiviteten af henfaldene bestemmes. Den må være:

$$A = \frac{P_{samlet}}{E_{Pu-239henfald}} = \frac{0,23W}{0,84pJ} = 2,737 \cdot 10^{11} s^{-1}$$

Man kan desuden bestemme antallet af Pu-239 kerner i prøven:

$$N = \frac{m_{samlet}}{m_{Pu-239-atom}} = \frac{120g}{239,052158 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-24} g} = 3,023007 \cdot 10^{23}$$

Og hermed kan henfaldskonstanten og derefter halveringstiden bestemmes:

$$A = k \cdot N \Leftrightarrow k = \frac{A}{N} = \frac{2,737 \cdot 10^{11} s^{-1}}{3,023007 \cdot 10^{23}} = 9,054 \cdot 10^{-13} s^{-1}$$

$$T_{½} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{\ln 2}{9,054 \cdot 10^{-13} s^{-1}} = 7,6559 \cdot 10^{11} s = 24261år = \underline{\underline{24kår}}$$

Denne lange halveringstid stiller store krav til deponeringen.

Opgave 4 side 80:

a) Radiobølger er elektromagnetisk stråling og bevæger sig derfor med lysets hastighed. Bølgeligningen kan så bruges til at bestemme frekvensen:

$$c = \lambda \cdot f \quad \Leftrightarrow \quad f = \frac{c}{\lambda} = \frac{299792458\frac{m}{s}}{0,750m} = 3,9972 \cdot 10^{8} Hz = \underline{\underline{4,00 \cdot 10^{8} Hz}}$$

b) Radiostrålingen fra Cygnus A udsendes i alle retninger og udbreder sig derfor på en kugleskal. Den udsendte effekt fordeler sig derfor på arealet:

$$A = 4 \cdot \pi \cdot r^2 = 4 \cdot \pi \cdot \left(6,62 \cdot 10^{24} m\right)^2 = 5,5071365 \cdot 10^{50} m^2$$

Radioteleskopet modtager intensiteten:

$$I = \frac{P_{modtaget}}{A_{modtager}} = \frac{1,1 \cdot 10^{-13} W}{490m^2} = 2,24489795918 \cdot 10^{-16} \frac{W}{m^2}.$$

Da man nu kender både intensiteten og det areal, strålingen er fordelt over, kan man finde den udstrålede effekt:

$$P_{udstrålet} = I \cdot A = 2,245 \cdot 10^{-16} \frac{W}{m^2} \cdot 5,507 \cdot 10^{50} m^2 = 1,23629595 \cdot 10^{35} W = \underline{\underline{1,2 \cdot 10^{35} W}}$$

c) Forskellen i tid mellem de to signaler kan bestemmes ud fra forskellen i kablernes længde og signalhastigheden i kablerne:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{61{,}0m}{2{,}10 \cdot 10^{8} \frac{m}{s}} = 2{,}9047619 \cdot 10^{-7}\, s$$

På denne tid har radiosignalet bevæget sig:

$$\Delta s_{radiosignal} = c \cdot \Delta t = 299792458 \frac{m}{s} \cdot 2{,}9047619 \cdot 10^{-7}\, s = 87{,}08257m$$

Denne afstand svarer til den modstående katete i forhold til den på tegningen angivne vinkel i den retvinklede trekant, der har afstanden mellem teleskoperne som hypotenuse. Så vinklen bliver:

$$\sin\theta = \frac{mod}{hyp} \quad \Leftrightarrow \quad \theta = \sin^{-1}\left(\frac{87{,}08257m}{1{,}00 \cdot 10^{3}\, m}\right) = 4{,}9957916° = \underline{\underline{5{,}00°}}$$