

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: FYS1001 — Innføring i fysikk

Eksamensdag: 16. juni 2023

Tid for eksamen: 09.00 – 13.00

Oppgavesettet er på 11 sider.

Vedlegg: Formelark

Tillatte hjelpemidler: Godkjent kalkulator
Gyldendals tabeller og formler i fysikk;
Fysikk 1 og Fysikk 2

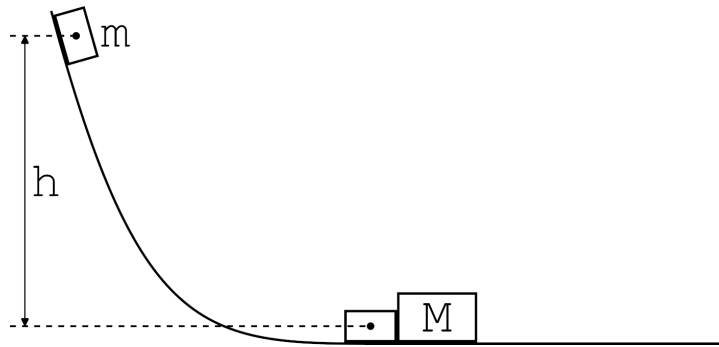
Alle delspørsmål teller likt. Du må begrunne svarene.

Sensorveiledning:

- Alle delspørsmål teller likt. Vi gir inntil 4 poeng per deloppgave. Vi gir alltid kun hele poeng.
- Alle svar skal begrunnes, svar uten begrunnelse gir liten eller ingen uttelling. Argumentet må henge sammen.
- Det kan trekkes når svar er for lange og inneholder irrelevant informasjon, særlig hvis det kan tolkes som helgardering. Det kan også trekkes noe hvis besvarelsen er dårlig eller rotete skrevet.
- Symboler som ikke står i oppgaveteksten må introduseres på en slik måte at det er klart hvilken størrelse de representerer.
- Hvis alt er rett unntatt en liten slurv for tallsvaret, trekkes 1p.
- Det trekkes ikke for følgefeil.
- Feil/manglende enhet gir trekk på 1p.
- Feil antall gjeldene siffer kan det trekkes noe for hvis det er ekstremt eller gjennomgående.
- Midtveiseeksamen teller 20%, avsluttende eksamen teller 80%.

Oppgave 1 Mekanikk

Figuren viser en kloss med masse $m = 4,0\text{ kg}$ som sklir friksjonsløst og uten luftmotstand fra en høyde $h = 5,0\text{ m}$ ned et skråplan. Klossen er i ro før start. Skråplanet går over i en horisontal bane, der klossen kolliderer med en annen kloss med masse $M = 14\text{ kg}$. Etter kollisjonen er den første klossen i ro, mens den andre klossen beveger seg.



- a) Finn den første klossens fart v_1 rett før kollisjonen.

Løsning:

potentiell energi dannes om til kinetisk energi:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_1^2 \rightarrow v_1 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ kg m s}^{-2} \cdot 5,0 \text{ m}} = 9,9 \text{ m s}^{-1}$$

Her er det feil å bruke $2as = v^2 - v_0^2$ med $a = g$, selv om det gir samme svar. Dette fordi bevegelseslikningen gjelder kun når akselerasjonen er konstant, og det er den ikke under bevegelsen langs en krummet bane.

- b) Finn den andre klossens fart v_2 rett etter kollisjonen.

Løsning:

Bevegelsesmengde er bevart under kollisjonen:

$$mv_1 + Mv_2 = mv'_1 + Mv'_2$$

Før kollisjonen er andre klossen i ro (dvs $v_2 = 0 \text{ m s}^{-1}$), etter kollisjonen er første klossen i ro (dvs $v'_1 = 0 \text{ m s}^{-1}$):

$$mv_1 = Mv'_2 \rightarrow v'_2 = \frac{m}{M}v_1 = \frac{4,0 \text{ kg}}{14 \text{ kg}} 9,9 \text{ m s}^{-1} = 2,8 \text{ m s}^{-1}$$

- c) Den første klossen har kinetisk energi E_1 rett før kollisjonen, den andre klossen har kinetisk energi E_2 rett etter kollisjonen. Finn den relative forandringen i kinetisk energi, dvs $(E_2 - E_1)/E_1$.

Løsning:

$$E_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2} 4,0 \text{ kg} (9,9 \text{ m s}^{-1})^2 = 1,9 \times 10^2 \text{ J}$$

$$E_2 = \frac{1}{2}M(v'_2)^2 = \frac{1}{2} 14,0 \text{ kg} (2,8 \text{ m s}^{-1})^2 = 55 \text{ J}$$

$$\frac{E_2 - E_1}{E_1} = \frac{55 \text{ J} - 1,9 \times 10^2 \text{ J}}{1,9 \times 10^2 \text{ J}} = -0,71$$

- d) Rett etter kollisjonen virker en friksjonskraft R på den andre klossen; friksjonskoeffisienten er $\mu = 0,7$. Hvor langt beveger klossen seg langs den horisontale banen før den kommer til ro?

Løsning:

Friksjonskraften er $R = -\mu N$, hvor $N = G = Mg$ er normalkraften fra planen på klossen, som i dette tilfelle er lik tyngdekraften på klossen G . Newtons 2. lov gir:

$$Ma = F = R = -\mu N = -\mu Mg \rightarrow a = -\mu g = -0,7 \cdot 9,8 \text{ kg s}^{-2} = -6,9 \text{ m s}^{-2}$$

Bevegelseslikningen for konstant akselerasjon gir (startfart $v'_2 = v_0 = 2,8 \text{ m s}^{-1}$, slutfarten $v = 0 \text{ m s}^{-1}$):

$$v^2 - v_0^2 = 2as \rightarrow s = -\frac{(v'_2)^2}{2a} = -\frac{(2,8 \text{ m s}^{-1})^2}{-2 \cdot 6,9 \text{ m s}^{-2}} = 0,58 \text{ m}$$

Eller vi kan argumentere energetisk: friksjonskraften utfører arbeid per strekning Δx klossen beveger seg: $W = R\Delta x$. Klossen beveger seg til all kinetisk energi er "brukt opp":

$$R\Delta x = W = E_2 = \frac{1}{2}M(v'_2)^2 \rightarrow \Delta x = \frac{M(v'_2)^2}{2R} = \frac{M(v'_2)^2}{2\mu N} = \frac{M(v'_2)^2}{2\mu Mg}$$

$$\Delta x = \frac{(2,8 \text{ m s}^{-1})^2}{2 \cdot 0,7 \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}} = 0,58 \text{ m}$$

Oppgave 2 Termofysikk

På en kald dag i januar bestemmer du deg for å gå å pante en brusflaske laget av plast; korken er på og skrudd fast. I leiligheten din er temperaturen $T = 21^\circ\text{C}$, ute er temperaturen $T = -15^\circ\text{C}$.

a) Hvor mange luftmolekyler finnes det i flasken hvis vi antar at flasken er en sylinder med en radius på 5 cm og en høyde på 35 cm (du kan anta at luften i flasken er under normalt lufttrykk og $T = 21^\circ\text{C}$)? Hva er massen til luften i flasken hvis vi antar at luften består av N_2 , dvs $m_{\text{N}_2} = 1,3 \times 10^{-24} \text{ kg}$?

Løsning:

Volum:

$$V = \pi r^2 h = \pi (5 \text{ cm})^2 35 \text{ cm} = \pi (0,05 \text{ m})^2 0,35 \text{ m} = 2,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Ideel gasslov:

Husk: T in K = T in $^\circ\text{C} + 273$

$$p_0 V_{\text{inne}} = N k_B T_{\text{inne}} \rightarrow N = \frac{p_0 V}{k_B T_{\text{inne}}} = \frac{101 \text{ kPa} \cdot 2,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1} 294 \text{ K}} = 6,8 \times 10^{22}$$

$$m_{\text{total}} = N m_{\text{N}_2} = 6,8 \times 10^{22} \cdot 1,3 \times 10^{-24} \text{ kg} = 8,9 \times 10^{-2} \text{ kg}$$

Eller:

$$p_0 V_{\text{inne}} = n R T_{\text{inne}} \rightarrow n = \frac{p_0 V}{R T_{\text{inne}}} = \frac{101 \text{ kPa} \cdot 2,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} 294 \text{ K}} = 0,11 \text{ mol}$$

$$m_{\text{total}} = n N_A m_{\text{N}_2} = 0,11 \text{ mol} \cdot 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \cdot 1,3 \times 10^{-24} \text{ kg} = 8,9 \times 10^{-2} \text{ kg}$$

Det er også greit å multiplisere volumet med standard lufttetthet, selv om man får litt forskjellig resultat.

b) Rett etter du går ut med flasken, hva er utstrålingstettheten fra luften i flasken? Hva er innstrålingstettheten fra luften ute? Er luften i flasken i strålingsbalanse med omgivelsen rett etter at du har gått ut?

Løsning:

Stefan-Boltzmann-lov:

Husk: T in K = T in °C + 273

$$M_{\text{inn}} = \sigma T_{\text{inne}}^4 = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4 (294 \text{ K})^4 = 424 \text{ W m}^{-2}$$

$$M_{\text{ut}} = \sigma T_{\text{ute}}^4 = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4 (258 \text{ K})^4 = 251 \text{ W m}^{-2}$$

Nei, siden innstrålingstettheten er mindre enn utstrålingstettheten (temperatreforskjell mellom luft i flasken og omgivelsen).

c) Hvor stor er varmemengden som luften i flasken gir fra seg når den kjøles ned fra 21 °C til -15 °C?

Løsning:

$$\Delta Q = c_v m \Delta T = 1,00 \text{ kJ K}^{-1} \text{ kg}^{-1} 8,9 \times 10^{-2} \text{ kg} (294 \text{ K} - 258 \text{ K}) = 3,2 \text{ kJ}$$

d) På veien til panteautomaten oppdager du at flasken har trukket seg sammen; hvor stor er den relative volumendringen $(V_{\text{inne}} - V_{\text{ute}})/V_{\text{inne}}$?

Løsning:

Ideel gasslov:

$$p_{\text{inne}} V_{\text{inne}} = N k_B T_{\text{inne}} \rightarrow V_{\text{inne}} = \frac{N k_B T_{\text{inne}}}{p_{\text{inne}}}$$

$$p_{\text{ute}} V_{\text{ute}} = N k_B T_{\text{ute}} \rightarrow V_{\text{ute}} = \frac{N k_B T_{\text{ute}}}{p_{\text{ute}}}$$

$$\text{rel. volumendring: } \frac{V_{\text{inne}} - V_{\text{ute}}}{V_{\text{inne}}} = \frac{\frac{N k_B T_{\text{inne}}}{p_{\text{inne}}} - \frac{N k_B T_{\text{ute}}}{p_{\text{ute}}}}{\frac{N k_B T_{\text{inne}}}{p_{\text{inne}}}}$$

siden $p_{\text{inne}} = p_{\text{ute}}$:

$$\frac{V_{\text{inne}} - V_{\text{ute}}}{V_{\text{inne}}} = \frac{N k_B T_{\text{inne}} - N k_B T_{\text{ute}}}{N k_B T_{\text{inne}}} = \frac{T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}}}{T_{\text{inne}}}$$

Husk: T in K = T in °C + 273

$$\frac{V_{\text{inne}} - V_{\text{ute}}}{V_{\text{inne}}} = \frac{294 \text{ K} - 258 \text{ K}}{294 \text{ K}} = 0,12 = 12\%$$

Eller

Siden antall molekyler i flasken N er konstant, følger fra gassloven:

$pV/T = \text{konstant}$, eller

$$\left(\frac{pV}{T}\right)_{\text{inne}} = \left(\frac{pV}{T}\right)_{\text{ute}}$$

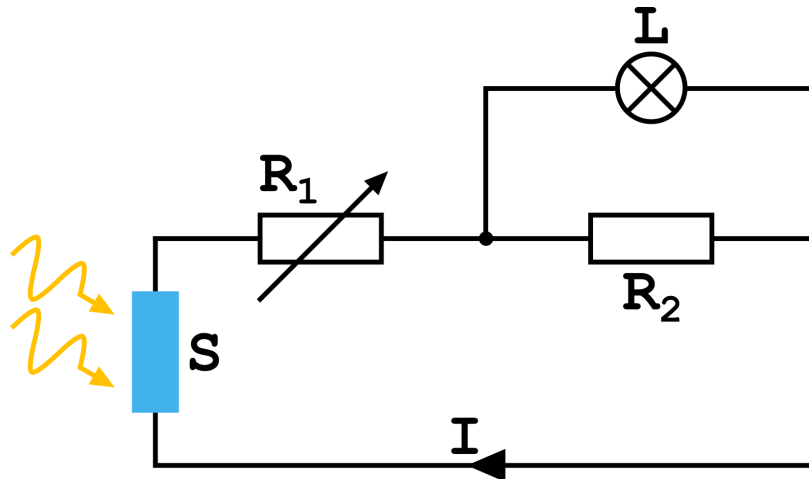
Trykket er også konstant:

$$V_{\text{ute}} = \frac{T_{\text{ute}}}{T_{\text{inne}}} V_{\text{inne}}$$

Med V_{inne} fra a) er $V_{\text{ute}} = 2,4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ og den relative volumendringen igjen 12%.

Oppgave 3 Elektrodynamikk

En solcelle S gjør strålingsenergi fra sola om til elektrisk energi. Vi har en solcelle (virkningsgrad 20%) som blir utsatt for en konstant belysning med innstrålingstettheten 800 W m^{-2} , og kopleter den til en motstand med variabel resistans R_1 og en fast motstand R_2 i en krets som vist på figuren. Over motstanden R_2 kopleter vi en lampe L som ikke har elektrisk motstand.



a) Solcellen er rektangulær, 30 cm bred og 80 cm høy. Hva er den maksimale elektriske effekten den kan levere?

Løsning:

Virkningsgrad er $\eta = 0,20$, som betyr at 20% av innstrålingstettheten er omgjort til elektrisk effekt, hvis man også ta med arealet til cellen:

$$A = bh = 0,30 \text{ m} \cdot 0,80 \text{ m} = 0,24 \text{ m}^2$$

$$P = \eta MA = 0,20 \cdot 800 \text{ W m}^{-2} \cdot 0,24 \text{ m}^2 = 38 \text{ W}$$

b) Solcellen leverer en spenning $U = 12 \text{ V}$; hvor stor er strømmen I i kretsen, hvis $R_1 = 150 \Omega$ og $R_2 = 250 \Omega$?

Løsning:

Her bommet jeg - hvis lampen ikke har elektrisk motstand, kortslutes R_2 , slik at strømmen blir rett og slett:

$$U = RI \rightarrow I = U/R_1 = 12 \text{ V}/150 \Omega = 8 \times 10^{-2} \text{ A} = 80 \text{ mA}$$

Det jeg mente var at L og R_2 sammen har en motstand av 250Ω . Siden

motstandene er i serie, blir den totale motstanden R :

$$R = R_1 + R_2 = 150 \Omega + 250 \Omega = 400 \Omega$$

Ohms lov:

$$U = RI \rightarrow I = U/R = 12 \text{ V}/400 \Omega = 3 \times 10^{-2} \text{ A} = 30 \text{ mA}$$

Begge svarene telles som riktig.

c) Spenningen over lampen får ikke overstige 5 V. Hvordan må vi da velge verdien til motstand R_1 hvis R_2 fortsatt er $R_2 = 250 \Omega$?

Løsning:

Igjen, den sammensatte motstand av L og R_2 er 250Ω .

Spenningen over R_1 er U_1 , spenningen over R_2 er U_2 . Med en nye verdi av R_1 er strømmen I endret:

$$I = U/R = \frac{U}{R_1 + R_2}$$

Gjennom R_1 går strømmen I , altså:

$$U_1 = R_1 I = R_1 \frac{U}{R_1 + R_2}$$

Kirchhoffs spenningslov:

$$U = U_1 + U_2$$

U_2 får ikke være større enn 5 V:

$$U = R_1 I + U_2 = R_1 \frac{U}{R_1 + R_2} + U_2 \rightarrow (R_1 + R_2)U = R_1 U + (R_1 + R_2)U_2$$

$$R_2 U = (R_1 + R_2)U_2 = R_1 U_2 + R_2 U_2 \rightarrow R_1 = \frac{R_2 U - R_2 U_2}{U_2}$$

$$R_1 = \frac{250 \Omega \cdot 12 \text{ V} - 250 \Omega \cdot 5 \text{ V}}{5 \text{ V}} = 350 \Omega$$

R_1 må være minst 350Ω .

Hvis vi regner med at motstanden til L er null, blir det ikke noe spenning over lampen, og oppgaven gir ikke mening.

Begge svarene telles her som riktig.

d) Hvor stor effekt har lampen når $U_2 = 5 \text{ V}$?

Løsning:

Strømmen gjennom lampen (med sammensatt motstand 250Ω):

$$I = U/R = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{12 \text{ V}}{250 \Omega + 350 \Omega} = 2 \times 10^{-2} \text{ A}$$

Effekten blir:

$$P = U_2 I = 5 \text{ V} \cdot 2 \times 10^{-2} \text{ A} = 0,1 \text{ W}$$

Eller

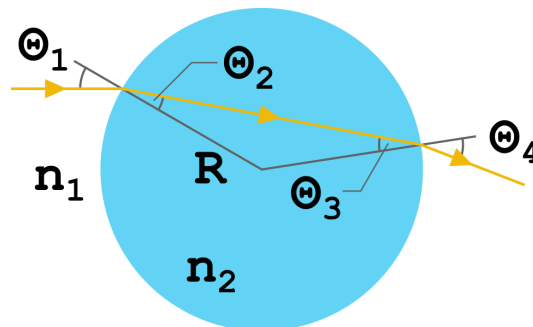
$$P = \frac{U_2^2}{R} = \frac{(5 \text{ V})^2}{250 \Omega} = 0,1 \text{ W}$$

Hvis vi regner med at motstanden til L er null, blir det ikke noe spenning over lampen, og oppgaven gir ikke mening.

Begge svarene telles her som riktig.

Oppgave 4 Optikk

En monokromatisk lysstråle ($\lambda = 588 \text{ nm}$) faller inn fra luft ($n = 1,0$) på en glasskule ($n = 1,5$) med en innfallsvinkel på $\Theta = 30^\circ$ - se skissen under.



a) Hva er utfallsvinkelen av strålen når den kommer ut fra glasskulen, dvs Θ_4 ?

Løsning:

$n_1 = 1,0$ for luft, $n_2 = 1,5$ siden det er glass.

Det er lett å se at trekanten bestående av strålen i kulen og de to loddene er likebeint, (begge sider har en langde R , som er radiusen til kulen), dermed er $\Theta_3 = \Theta_2$ og $\Theta_4 = \Theta_1$. Det får man poeng for. Men, det er ikke nok å bare skrive: "Utfalssvinkelen er lik innfallsvinkelen", eller " $\Theta_4 = 30^\circ$ " - man må i hvert fall argumentere med symmetrien av kulen. Hvis man regner:

Snells lov:

$$n_1 \sin \Theta_1 = n_2 \sin \Theta_2 \rightarrow \Theta_2 = \arcsin\left(\frac{n_1 \sin \Theta_1}{n_2}\right) = 19^\circ$$

Siden trekanten bestående av strålen og de to loddene er likebeint (begge sider har en langde R , som er radiusen til kulen), er $\Theta_3 = \Theta_2$.

$$n_2 \sin \Theta_3 = n_1 \sin \Theta_4 \rightarrow \Theta_4 = \arcsin\left(\frac{n_2 \sin \Theta_3}{n_1}\right) = 30^\circ$$

b) Hva er farten, bølgelengden, og frekvensen til lyset i glasskulen?

Løsning:

frekvensen i mediet er uendret, og den samme som i luften:

$$f = \frac{c_0}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{588 \times 10^{-9} \text{ m}} = 510 \times 10^{12} \text{ Hz} = 510 \text{ THz}$$

definisjon brytningsindeks $n = \frac{c_0}{c}$, hvor c_0 er lysets fart i vakuum og c

er lysets fart i mediet.

$$n = \frac{c_0}{c} \rightarrow c = \frac{c_0}{n} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{1,5} = 2 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

bølgelengden λ

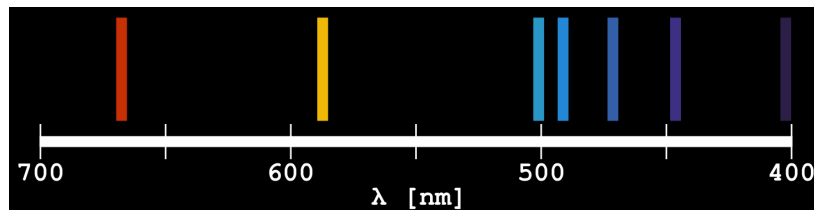
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{2 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{510 \times 10^{12} \text{ Hz}} = 3,9 \times 10^{-7} \text{ m} = 390 \text{ nm}$$

c) Lyset kommer fra en heliumlampe, dvs en sylinder fylt med heliumgass hvor heliumatomer sender ut lys. Forklar ved hjelp av Bohrs atommodell hvorfor lyset fra heliumgassen består av enkelte emisjonslinjer, og ikke er et kontinuerlig spektrum.

Løsning:

Bohrs atommodell sier at elektronene i en atom befinner seg på diskrete energinivåer. Elektronene kan kun bevege seg fra et nivå til et annet, og når de går fra et nivå med høyere energi til et nivå med lavere energi, sendes det ut en foton med energien lik energiforskjellen mellom nivåene. Siden energinivåene er diskrete, er overgangsenergiene diskrete, og dermed sendes det kun ut fotoner med en definert energi, dvs. bølgelengde. Hver linje i spektret tilsvarer en overgang fra et nivå til et annet.

d) Bildet under viser emisjonsspektret fra helium. Estimer energien til en foton fra den røde og én av de blå emisjonslinjene (λ behøver ikke å være mer nøyaktig enn $\pm 10 \text{ nm}$).



Løsning:

Energi til en foton:

$$E = hf \text{ og } f = \frac{c_0}{\lambda}, \text{ ergo } E = h \frac{c_0}{\lambda}$$

rød linje:

$$\lambda = 668 \text{ nm} \rightarrow E = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s} \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{668 \text{ nm}} = 3,0 \times 10^{-19} \text{ J}$$

første blå linje:

$$\lambda = 502 \text{ nm} \rightarrow E = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s} \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{502 \text{ nm}} = 4,0 \times 10^{-19} \text{ J}$$

andre blå linje:

$$\lambda = 492 \text{ nm} \rightarrow E = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s} \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{492 \text{ nm}} = 4,0 \times 10^{-19} \text{ J}$$

tredje blå linje:

$$\lambda = 473 \text{ nm} \rightarrow E = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s} \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{473 \text{ nm}} = 4,2 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Oppgave 5 Kjernefysikk

${}^{218}_{84}\text{Po}$ er radioaktivt og omdannes til ${}^{214}_{82}\text{Pb}$. ${}^{214}_{82}\text{Pb}$ er også radioaktivt, og omdannes til ${}^{214}_{83}\text{Bi}$.

a) Hvor mange protoner, elektroner, og nøytroner har et elektrisk nøytralt ${}^{214}_{83}\text{Bi}$ -atom?

Løsning:

Summen av antall nøytroner N og antall protoner Z er nukleontallet $A = N + Z = 214$. Atomnummeret $Z = 83$ gir antall protoner, og siden isotopet er elektrisk nøytral, er antall protoner Z lik antall elektroner E :

$$\text{protoner } Z = 83$$

$$\text{nøytroner } N = A - Z = 214 - 83 = 131$$

$$\text{elektroner } E = A = 83$$

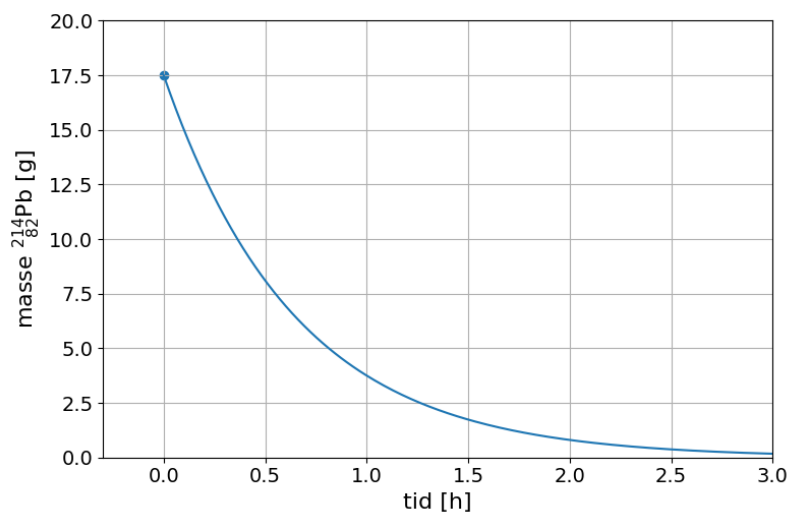
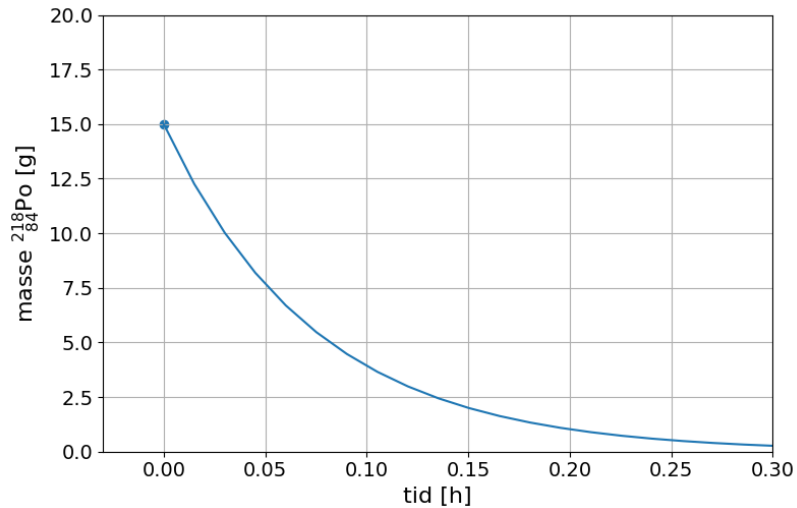
b) Er ${}^{218}_{84}\text{Po}$ en α -, β -, eller γ -stråler? Hva med ${}^{214}_{82}\text{Pb}$? Begrunn svaret!

Løsning:

I omdanningen fra ${}^{218}_{84}\text{Po}$ til ${}^{214}_{82}\text{Pb}$ synker nukleontallet med 4, mens atomnummeret synker med 2. Det betyr at en α -partikkel ble utsendt, ${}^{218}_{84}\text{Po}$ er en α -stråler.

I omdanningen fra ${}^{214}_{82}\text{Pb}$ til ${}^{214}_{83}\text{Bi}$ er nukleontallet konstant, mens atomnummeret øker med 1. Det betyr at antall protoner i kjernen øker med en, og for å bevare ladningen må den utsendte partikkel være et (negativ) elektronen. ${}^{214}_{82}\text{Pb}$ er en β -stråler.

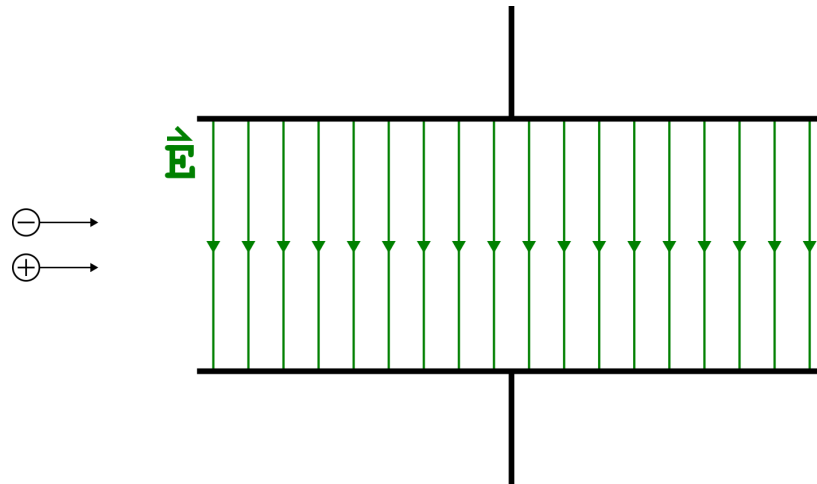
c) Figuren under viser hvordan massene til ${}^{218}_{84}\text{Po}$ og ${}^{214}_{82}\text{Pb}$ avtar over tid. Bestem halveringstiden for begge isotopene grafisk!

**Løsning:**

massen til $^{218}_{84}\text{Po}$ er 15,0 g i begynnelsen, og synker ned til halvparten i løpet av 0,05 h. Dermed $t_{1/2} = 0,05 \text{ h} = 3,00 \text{ min} = 180 \text{ s}$.

massen til $^{214}_{82}\text{Pb}$ er 17,5 g i begynnelsen, og synker ned til halvparten i løpet av 0,45 h. Dermed $t_{1/2} = 0,45 \text{ h} = 27,0 \text{ min} = 1620 \text{ s}$.

d) α -partikler er elektrisk positiv ladet, mens β -partikler er negativ ladet. Begge partiklene sendes gjennom en platekondensator med et elektrisk felt \vec{E} som vist i figuren under. Beskriv bevegelsen av partiklene gjennom det elektriske feltet! Kan vi si noe om den relative elektriske ladningen eller massen av α - og β -partikler? Begrunn svaret!

**Løsning:**

I det elektriske feltet virker Coulomb kraften $\vec{F}_C = q\vec{E}$ på partiklene. Siden β -partikler er negativ ($q < 0$), blir de akselerert oppover; α -partikkelen blir akselerert nedover ($q > 0$). Siden $\vec{F}_C = q\vec{E} = \vec{F} = m\vec{a}$, er akselerasjonen på partiklene avhengig av massen og elektrisk ladning: $\vec{a} = q/m\vec{E}$. α -partikkelen har større elektrisk ladning enn β -partikkelen ($2e$ mot $-e$), men er også mye tyngere (flere tusen ganger tyngere, faktisk). Derfor blir α -partikkelen akselerert mindre, dvs at banen til α -partikkelen i kondensatoren krummes mindre.