

H8

3.b fysik A

Kevin Zhou

6. februar 2025

Note:

Databog fysik kemi (2007) er benyttet ved beregningerne.

Opgave 1: Flylanding

Et fly flyver fra København til New York med gennemsnitsfarten 909 km/h. Flyets rute mellem de to byer har længden 6273 km.

Under landingen med et fly måler en passager flyets acceleration i vandret retning. Bilaget Landing viser den målte acceleration a som funktion af tiden t efter, at flyets hjul rammer landingsbanen. Efter nedbremsningen er flyets fart 30 km/h.

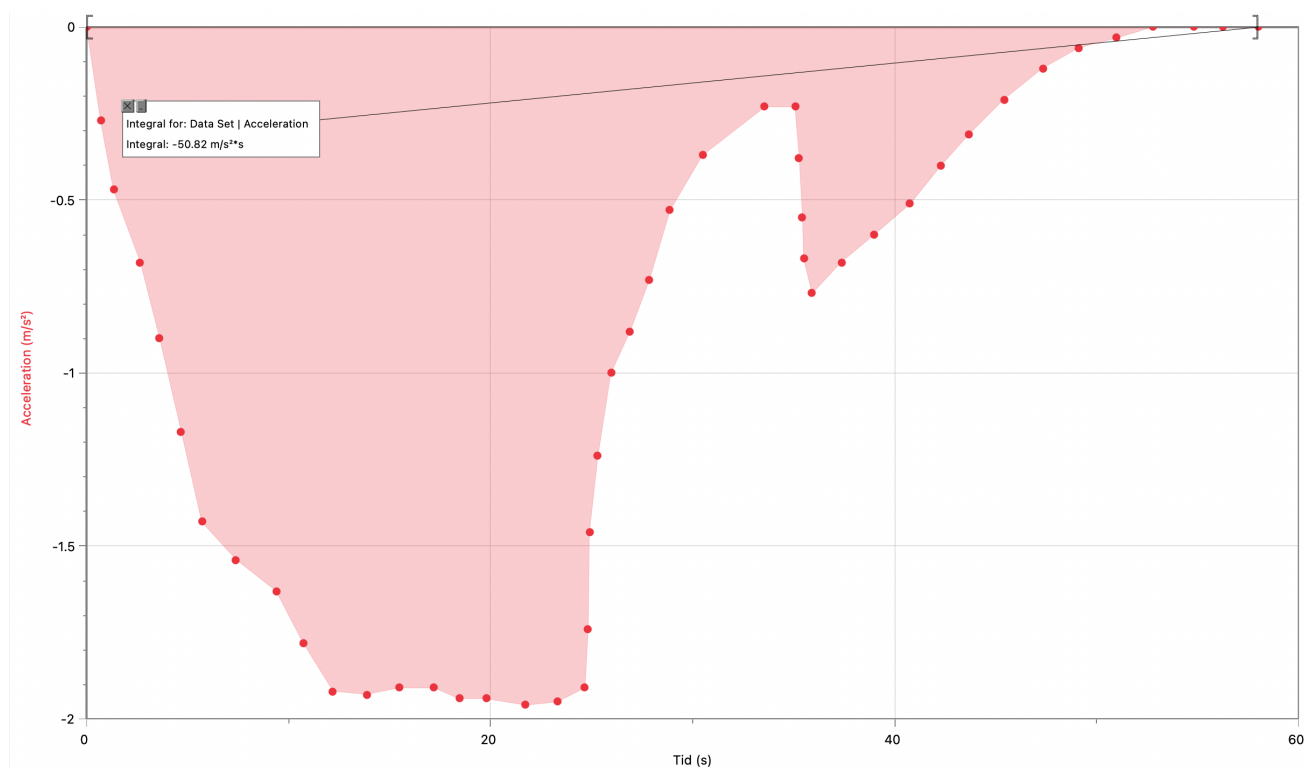
- b. Benyt bilag Landing til at bestemme flyets fart, når dets hjul rammer landingsbanen.

Løsning:

b. Efter flyet rammer jorden, er farten kun i vandret retning. Siden der er tale om en varierende acceleration, og accelerationen a afhænger af tiden t , så gælder der, at

$$\Delta v = \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt$$

Dette svarer til arealet under (t,a) -graf, som vi finder i Logger Pro i fig. 1 via de givne data. Dette gøres numerisk, da der er tale om diskret og ikke kontinuert data.



Figur 1: Arealet under (t,a) -graf, findes i Logger Pro

Efter landingen har vi altså

$$\Delta v = -50,82 \text{ m/s}$$

Vi kan nu udregne farten til start, hvor flyet rammer landingsbanen.

$$\begin{aligned} v_{\text{start}} &= v_{\text{slut}} - \Delta v \\ &= 30 \cdot \frac{1000}{60^2} \text{ m/s} - (-50,82 \text{ m/s}) \\ &\approx 59 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Når flyets hjul rammer landingsbanen er dets fart altså 59 m/s.

Opgave 2: Kernekraftværk

I en fissionsreaktor bliver kølevandet bestrålet af neutroner i reaktorkernen. Efter indfangning af en neutron omdannes ^{16}O i kølevandet til ^{16}N og en anden partikel.

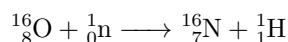
- a. Opskriv reaktionsskemaet for dannelsen af ^{16}N . Begrund, hvilken anden partikel, der dannes.

Aktiviteten fra ^{16}N er ved udløbet af reaktorkernen $3,11 \cdot 10^9 \text{ Bq/L}$. Når kølevandet løber ind i reaktorkernen igen, er aktiviteten fra ^{16}N faldet til $8,75 \cdot 10^8 \text{ Bq/L}$.

- b. Bestem, hvor lang tid kølevandet befinder sig udenfor reaktorkernen.

Løsning:

- a. Reaktionsskemaet for dannelsen af ^{16}N må være



Den anden partikel, der dannes, er altså ${}^1_1\text{H}$, hvilket er den eneste mulighed, hvis nukleontallet A og ladningen Z skal være bevarede. Vi kontrollerer, at A , Z og leptontallet L er bevarede:

$$\begin{aligned} A : 16 + 1 &= 16 + 1 \\ Z : 8 + 0 &= 7 + 1 \\ L : 0 + 0 &= 0 + 0 \end{aligned}$$

Altså må ${}^1_1\text{H}$ være den anden partikel, der dannes.

- b. Der gælder fra aktivitetens sammenhæng med tiden, at

$$A_2 = A_1 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{\Delta t}{T_{\frac{1}{2}}}} \iff \Delta t = T_{\frac{1}{2}} \cdot \log_{\frac{1}{2}} \left(\frac{A_2}{A_1}\right)$$

Ved opslag findes halveringstiden for henfaldet af ^{16}N til at være $T_{\frac{1}{2}} = 7,1 \text{ s}$.¹ Vi kan nu udregne tilvæksten i tid. Bemærk, at der her formelt set er tale om aktivitet per volumen $\frac{A}{V}$ i stedet for blot aktivitet A , men det ændrer ikke på resultatet, da der er tale om en intensiv størrelse.

$$\begin{aligned} \Delta t &= T_{\frac{1}{2}} \cdot \log_{\frac{1}{2}} \left(\frac{A_2}{A_1}\right) \\ &= 7,1 \text{ s} \cdot \log_{\frac{1}{2}} \left(\frac{8,75 \cdot 10^8 \text{ Bq/L}}{3,11 \cdot 10^9 \text{ Bq/L}}\right) \\ &\approx 13,0 \text{ s} \end{aligned}$$

Altså befinder kølevandet sig 13,0 s udenfor reaktorkernen.

Opgave 3: Isotop af mendelevium

Isotopen ^{244}Md blev fremstillet i en accelerator. For at separere ^{244}Md fra andre isotoper afbøjes Md^{2+} -ioner i et homogent elektrisk felt med størrelsen $8,47 \cdot 10^4 \text{ V/m}$.

¹Databog, s. 200

- a. Beregn størrelsen af kraften fra det homogene elektriske felt på en Md^{2+} -ion.

Isotopen ^{244}Md er radioaktiv og henfalder ved alfa-henfald. Ved at måle på energien af de udsendte alfapartikler bestemmer forskere henfaldets Q -værdi til $1,411 \cdot 10^{-12} \text{ J}$.

- b. Opskriv reaktionsskemaet for det radioaktive henfald af ^{244}Md , og benyt Q -værdien til at bestemme atommassen for isotopen ^{244}Md .

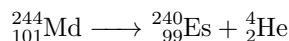
Løsning:

- a. Md^{2+} -ionerne må have en ladning på $q = 2 \cdot e$. Vi beregner nu størrelsen af feltkraften på en Md^{2+} -ion.

$$\begin{aligned} F &= q \cdot E \\ &= 2 \cdot e \cdot 8,47 \cdot 10^4 \text{ V/m} \\ &= 2 \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 8,47 \cdot 10^4 \text{ N/C} \\ &\approx 2,71 \cdot 10^{-14} \text{ N} \end{aligned}$$

Størrelsen af kraften fra det homogene elektriske felt på en Md^{2+} -ion er altså $2,71 \cdot 10^{-14} \text{ N}$.

- b. Reaktionsskemaet for alfa-henfaldet af ^{244}Md må være



Vi kontrollerer, at nukleontallet A , ladningen Z og leptontallet L er bevarede:

$$\begin{aligned} A : 244 &= 240 + 4 \\ Z : 101 &= 99 + 2 \\ L : 0 &= 0 + 0 \end{aligned}$$

Vi vil nu finde et udtryk for atommassen af ^{244}Md .

$$\begin{aligned} Q &= -\Delta m \cdot c^2 \iff Q = -((m(^{240}_{99}\text{Es}) - 99 \cdot m_e) + (m(^4_2\text{He}) - 2 \cdot m_e) - (m(^{244}_{101}\text{Md}) - 101 \cdot m_e)) \cdot c^2 \\ &\iff -m(^{240}_{99}\text{Es}) - m(^4_2\text{He}) + m(^{244}_{101}\text{Md}) = \frac{Q}{c^2} \\ &\iff m(^{244}_{101}\text{Md}) = \frac{Q}{c^2} + m(^{240}_{99}\text{Es}) + m(^4_2\text{He}) \end{aligned}$$

Vi beregner nu atommassen af ^{244}Md .

$$\begin{aligned} m(^{244}_{101}\text{Md}) &= \frac{Q}{c^2} + m(^{240}_{99}\text{Es}) + m(^4_2\text{He}) \\ &= \frac{1,411 \cdot 10^{-12} \text{ J}}{1,4924 \cdot 10^{-10} \text{ J/u}} + 240,06892 \text{ u} + 4,002603254 \text{ u} \\ &\approx 244,1 \text{ u} \end{aligned}$$

Atommassen for isotopen ^{244}Md er altså $244,1 \text{ u}$.

Opgave 4: Bevægelse i homogent elektrisk felt

To parallelle metalplader anbringes i vakuum, så afstanden mellem dem er $1,70 \text{ cm}$, og spændingsfaldet mellem dem er 34 V .

- a. Beregn størrelsen af det elektriske felt mellem pladerne.

På figuren nedenfor ses til venstre en elektronkanon, som accelererer elektronerne fra hvile ved at lade dem gennemløbe et spændingsfald på 220 V .

- b. Hvilken fart opnår elektronerne ved denne acceleration?

Elektronerne bliver afbøjet af det elektriske felt. (Vi skal undgå at elektronerne rammer den positive ladet plade).

c. Bestem hvor lange de to metalplader må være, hvis elektronerne skal "slippe gennem".

Løsning:

a. Vi beregner størrelsen af det elektriske felt mellem de to plader.

$$\begin{aligned} E &= \frac{U}{d} \\ &= \frac{34 \text{ V}}{1,70 \cdot 10^{-2} \text{ m}} \\ &= 2,0 \cdot 10^3 \text{ V/m} \end{aligned}$$

Størrelsen af den elektriske feltstyrke mellem pladerne er altså $2,0 \cdot 10^3 \text{ V/m}$.

b. Afstanden mellem katoden og anoden på kanonen betegner vi s og spændingsforskellen betegner vi U_{kanon} . Siden feltekraften fra kanonen er den eneste kraft, der påvirker en elektron mens den er i kanonen, så har vi

$$\begin{aligned} A_{\text{res}} &= A_{\text{kanon}} \\ &= F_{\text{kanon}} \cdot s \\ &= E_{\text{kanon}} \cdot e \cdot s \\ &= \frac{U_{\text{kanon}}}{s} \cdot s \cdot e \\ &= U_{\text{kanon}} \cdot e \end{aligned}$$

hvor e er elementarladningen. Da $A_{\text{res}} = \Delta E_{\text{kin}}$, og elektronerne accelereres fra hvile, så har vi

$$U_{\text{kanon}} \cdot e = \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v^2 \iff v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_{\text{kanon}}}{m_e}}$$

Vi udregner nu den fart, som elektronerne opnår.

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_{\text{kanon}}}{m_e}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 220 \text{ V}}{9,1094 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} \\ &\approx 8,80 \cdot 10^6 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Ved accelerationen opnår elektronerne altså farten $8,80 \cdot 10^6 \text{ m/s}$.

c. Vi finder først et udtryk for tiden t det tager for elektronen at være på niveau med den positive plade. Vi ser bort fra tyngdekraften, og den eneste kraft, der påvirker elektronen er da feltekraften F , som påvirker elektronen vertikalt i retning mod den positive plade. Fra Newtons anden lov har vi så

$$a = \frac{F}{m_e} = \frac{e \cdot E}{m_e}$$

Vi ser, at accelerationen er konstant. Siden elektronens vertikale fart til start er 0, så har vi, at når elektronen er på samme niveau (y -værdi) som pladen, så gælder

$$\frac{1}{2}d = \frac{1}{2} \cdot \frac{e \cdot E}{m_e} \cdot t^2 \iff t = \sqrt{\frac{d \cdot m_e}{e \cdot E}}$$

Da elektronen ikke accelereres i vandret retning, er der tale om en jævn bevægelse i vandret retning. Vi kan nu

beregne, hvor langt elektronen når, inden den når samme højde som den positive plade.

$$\begin{aligned}
 x &= v_x \cdot t \\
 &= v_x \cdot \sqrt{\frac{d \cdot m_e}{e \cdot E}} \\
 &= 8,7971 \text{ m/s} \cdot \sqrt{\frac{1,70 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 9,1094 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}{1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 2,0 \cdot 10^3 \text{ V/m}}} \\
 &\approx 0,061 \text{ m} \\
 &= 6,1 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Altså må metalpladerne højst være 6,1 cm lange, hvis elektronerne skal slippe igennem.

Opgave 5: Rheostat

En rheostat, der er indstillet til resistansen 430Ω , indsættes i et elektrisk kredsløb. Spændingsfaldet over rheostaten er 90 V .

- a. Beregn strømstyrken gennem rheostaten.

Rheostaten anvendes i en lysdæmper til en glødepære, som vist i diagrammet. Grafen viser effekten P , hvormed glødepæren omsætter energi, som funktion af strømstyrken I gennem pæren. Lysstyrken dæmpes, så pærens effekt er 35 W .

- b. Bestem resistansen af rheostaten, når pærens effekt er 35 W .

Løsning:

- a. Da der er tale om en resistor, så gælder Ohms lov.

$$U = R \cdot I \iff I = \frac{U}{R}$$

Vi beregner nu strømstyrken gennem rheostaten.

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{U}{R} \\
 &= \frac{90 \text{ V}}{430 \Omega} \\
 &\approx 0,21 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Strømstyrken gennem rheostaten er altså $0,21 \text{ A}$.

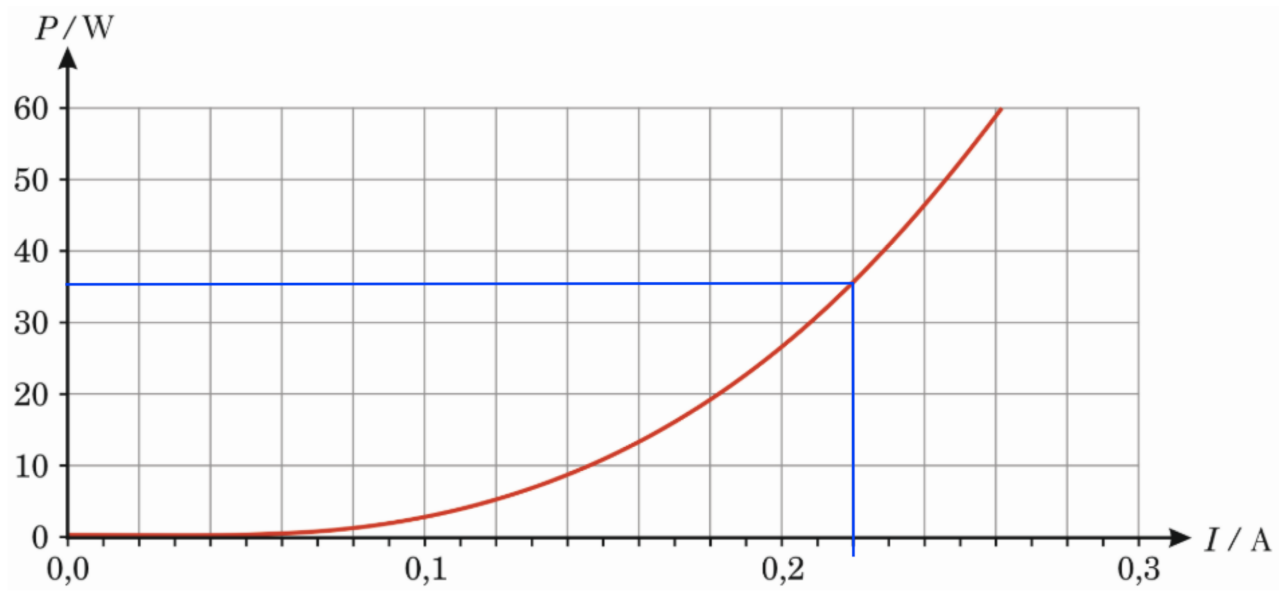
- b. Vi aflæser på (I, P) -graf (se fig. 2), at når pærens effekt er 35 W , så er strømstyrken gennem den $0,22 \text{ A}$. Vi kan nu finde et udtryk for spændingsfaldet over pæren.

$$U_{\text{pære}} = \frac{P_{\text{pære}}}{I}$$

Siden pæren og rheostaten er serieforbundne, så er strømstyrken I konstant og det samlede spændingsfald må være $U = U_{\text{rheostat}} + U_{\text{pære}}$. Rheostatens resistans må da være

$$\begin{aligned}
 R_{\text{rheostat}} &= \frac{U_{\text{rheostat}}}{I} \\
 &= \frac{U - U_{\text{pære}}}{I} \\
 &= \frac{U - \frac{P_{\text{pære}}}{I}}{I} \\
 &= \frac{230 \text{ V} - \frac{35 \text{ W}}{0,22 \text{ A}}}{0,22 \text{ A}} \\
 &\approx 3,2 \cdot 10^2 \Omega
 \end{aligned}$$

Resistansen af rheostaten er altså $3,2 \cdot 10^2 \Omega$, når pærens effekt er 35 W.



Figur 2: Aflæsning på (I,P)-grafen for pæren