

H7

### **3.b Fysik A**

Kevin Zhou

22. januar 2025

**Note:**

Databog Fysik Kemi (2007) er anvendt ved beregningerne.

**Opgave 1: Kølefrysescab**

I et amerikansk kølefrysescab løsnes isterninger ved hjælp af et elektrisk varmelegeme. Strømstyrken gennem varmelegemet er 1,40 A. Varmelegemet omsætter elektrisk energi med effekten 168 W.

- a. Bestem spændingsfaldet over varmelegemet.

Isternerne fryses i en form, som er lavet af aluminium. Formens masse er 0,544 kg. Når isternerne skal løsnes, tændes varmelegemet i 90 s. Herved opvarmes formen fra  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  til  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , og desuden smeltes noget af isen.

- b. Vurdér massen af is, der smeltes, når isternerne skal løsnes.

**Løsning:**

- a. Der gælder, at effekten i en komponent er produktet af spændingsfaldet over den og strømstyrken gennem den:

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

Vi udregner nu  $U$ .

$$\begin{aligned} U &= \frac{P}{I} \\ &= \frac{168\text{ W}}{1,40\text{ A}} \\ &= 120\text{ V} \end{aligned}$$

Altså er spændingsfaldet over varmelegemet 120 V.

- b. Vi antager, at det kun er isen, der smeltes, som varmes op, og resten af isen forbliver den samme temperatur. Da det både er den is, der smeltes og aluminiumsformen, der opvarmes, så må varmeenergien, der tilføres være

$$\begin{aligned} E &= E_{\text{opvarmning}} + E_{\text{smeltning}} \\ &= (m_{\text{is}} \cdot c_{\text{is}} + m_{\text{alu}} \cdot c_{\text{alu}}) \cdot \Delta T + m_{\text{is}} \cdot L_s(\text{is}) \\ &= m_{\text{is}} \cdot (c_{\text{is}} \cdot \Delta T + L_s(\text{is})) + m_{\text{alu}} \cdot c_{\text{alu}} \cdot \Delta T \end{aligned}$$

hvor  $c_x$  er den specifikke varmekapacitet af stoffet  $x$ ,  $L_s(\text{is})$  er den specifikke smeltevarme for is og  $m_{\text{is}}$  er massen af den is, som smeltes. Da effekten  $P$  blot er energi per tid, så må der gælde

$$\begin{aligned} P &= \frac{E}{t} \iff E = P \cdot t \\ \iff m_{\text{is}} \cdot (c_{\text{is}} \cdot \Delta T + L_s(\text{is})) + m_{\text{alu}} \cdot c_{\text{alu}} \cdot \Delta T &= P \cdot t \\ \iff m_{\text{is}} \cdot (c_{\text{is}} \cdot \Delta T + L_s(\text{is})) &= P \cdot t - m_{\text{alu}} \cdot c_{\text{alu}} \cdot \Delta T \\ \iff m_{\text{is}} &= \frac{P \cdot t - m_{\text{alu}} \cdot c_{\text{alu}} \cdot \Delta T}{c_{\text{is}} \cdot \Delta T + L_s(\text{is})} \end{aligned}$$

Vi kan nu udregne massen af isen, der smeltes.

$$\begin{aligned} m_{\text{is}} &= \frac{P \cdot t - m_{\text{alu}} \cdot c_{\text{alu}} \cdot \Delta T}{c_{\text{is}} \cdot \Delta T + L_s(\text{is})} \\ &= \frac{168\text{ W} \cdot 90\text{ s} - 0,544\text{ kg} \cdot 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 18\text{ }^{\circ}\text{C}}{2040 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 18\text{ }^{\circ}\text{C} + 334,4 \cdot 10^3\text{ J/kg}} \\ &\approx 0,017\text{ kg} \\ &= 17\text{ g} \end{aligned}$$

Altså smeltes 17 g is når isternerne skal løsnes.

### Opgave 2: Tinisotopen $^{100}\text{Sn}$

Ved et eksperiment er det lykkedes forskere at fremstille 250 kerner af isotopen  $^{100}\text{Sn}$ . Isotopen  $^{100}\text{Sn}$  er radioaktiv med halveringstiden 1,18 s.

- a. Vurdér, hvor lang tid der går, inden der kun er 20 kerner tilbage af isotopen  $^{100}\text{Sn}$ .

Isotopen  $^{100}\text{Sn}$  henfalder ved et  $\beta^+$ -henfald.

- b. Opskriv reaktionsskemaet for henfaldet af  $^{100}\text{Sn}$ .  
c. Benyt masserne af de indgående partikler til at bestemme henfaldets Q-værdi.

#### Løsning:

- a. Fra henfaldsloven har vi, at

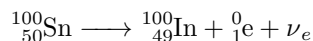
$$\begin{aligned} N &= N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}} \iff \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} = \log_{\frac{1}{2}} \left(\frac{N}{N_0}\right) \\ &\iff t = T_{\frac{1}{2}} \cdot \log_{\frac{1}{2}} \left(\frac{N}{N_0}\right) \end{aligned}$$

hvor  $N$  er antallet af kerner til tiden  $t$ , og  $N_0$  er antallet kerner til tiden  $t = 0$ . Vi kan nu udregne tiden.

$$\begin{aligned} t &= T_{\frac{1}{2}} \cdot \log_{\frac{1}{2}} \left(\frac{N}{N_0}\right) \\ &= 1,18 \text{ s} \cdot \log_{\frac{1}{2}} \left(\frac{20}{250}\right) \\ &\approx 4,30 \text{ s} \end{aligned}$$

Der går altså 4,30 s, inden der kun er 20 kerner af  $^{100}\text{Sn}$  tilbage.

- b. Ved et  $\beta^+$ -henfald udsender kernen en positron og en elektronneutrino. Reaktionsskemaet bliver



For god ordens skyld, bekræfter vi, at nukleontallet  $A$ , ladningen  $Z$  og leptontallet  $L$  er bevarede:

$$\begin{aligned} A &= 100 = 100 \\ Z &= 50 = 49 + 1 \\ L &= 0 = 0 - 1 + 1 \end{aligned}$$

- c. Vi beregner henfaldets Q-værdi, hvor masserne er slået op på Ptable.com.

$$\begin{aligned} Q &= -\Delta m \cdot c^2 \\ &= (m(^{100}_{50}\text{Sn}) - m(^{100}_{49}\text{In}) - m(^0_1\text{e})) \cdot c^2 \\ &= (99.939044343 \text{ u} - 99.931110851 \text{ u} - 0.000548580 \text{ u}) \cdot 931,49 \text{ MeV/u} \\ &\approx 6,8790 \text{ MeV} \end{aligned}$$

Henfaldets Q-værdi er altså 6,8790 MeV.

### Opgave 3: Supernovaen XT 110621

Supernovaen XT 110621 blev opdaget ved observationer af en kraftig udsendelse af stråling fra en fjern galakse. Supernovaen udsendte røntgenstråling med energien  $2,8 \cdot 10^{39} \text{ J}$  i løbet af 315 s.

- a. Bestem med hvilken gennemsnitlig effekt, supernovaen udsendte røntgenstråling.

Afstanden til den galakse, hvor supernovaeksplosionen fandt sted, blev bestemt ud fra galaksens spektrum, som er vist på figuren. Spektrallinjen med den største intensitet har laboratoriebølgelængden 656,3 nm.

b. Vurdér galaksens nuværende fart væk fra os.

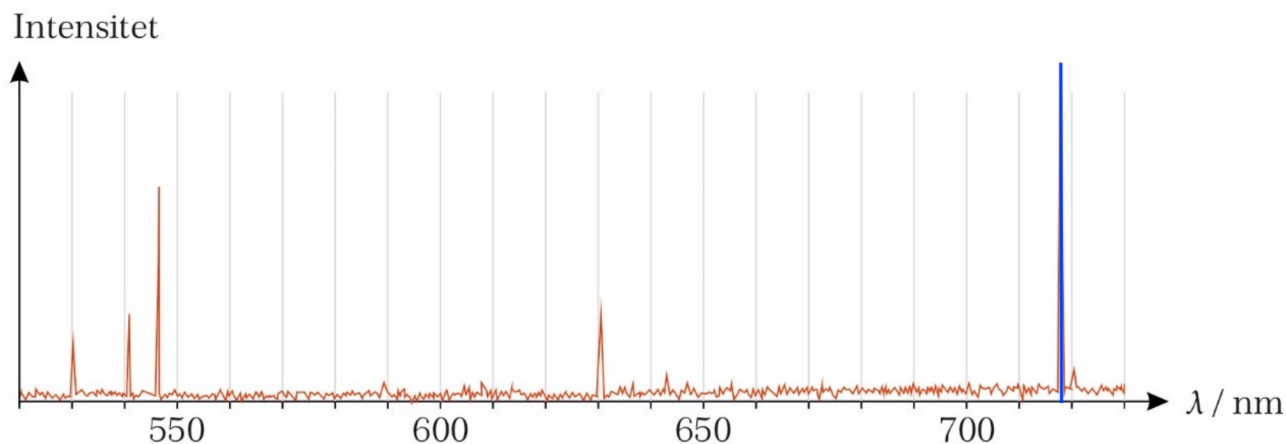
**Løsning:**

a. Vi beregner den gennemsnitlige effekt, der blot er energi per tid.

$$\begin{aligned} P &= \frac{E}{t} \\ &= \frac{2,8 \cdot 10^{39} \text{ J}}{315 \text{ s}} \\ &\approx 8,9 \cdot 10^{36} \text{ W} \end{aligned}$$

Den gennemsnitlige effekt, hvormed supernovaen udsendte røntgenstråling er altså  $8,9 \cdot 10^{36} \text{ W}$ .

b. Vi aflæser på spektret, at spektrallinjen med den største intensitet har den observerede bølgelængde  $\lambda_{\text{obs}} = 718 \text{ nm}$  (se fig. 1).



Figur 1: Aflæsning på spektret

Vi kan nu udregne galaksens nuværende fart væk fra os.

$$\begin{aligned} v_0 &= c \cdot \frac{\lambda_{\text{obs}} - \lambda_{\text{lab}}}{\lambda_{\text{lab}}} \\ &= 3,00 \cdot 10^5 \text{ km/s} \cdot \frac{718 \text{ nm} - 656,3 \text{ nm}}{656,3 \text{ nm}} \\ &\approx 2,82 \cdot 10^4 \text{ km/s} \end{aligned}$$

Galaksens nuværende fart væk fra os er altså  $2,82 \cdot 10^4 \text{ km/s}$ .

#### Opgave 4: Løbebånd

En person løber 10 km på et løbebånd med farten 12 km/h.

a. Hvor lang tid tager det personen at løbe 10 km på løbebåndet?

Bilaget Løbebånd er en video, som viser en mindre del af tidsrummet, hvor et løbebånd er ved at stoppe, fordi løbebåndets nødstop er aktiveret. Der er 1,0 m mellem de to gule streger. Løbebåndet bremser med konstant acceleration.

Mens en person løber på løbebåndet med farten 12 km/h, bliver nødstoppet aktiveret.

b. Brug bilaget Løbebånd til at bestemme, hvor langt personen skal løbe på løbebåndet, inden det er

stoppet helt.

**Løsning:**

a. Vi finder et udtryk for tiden

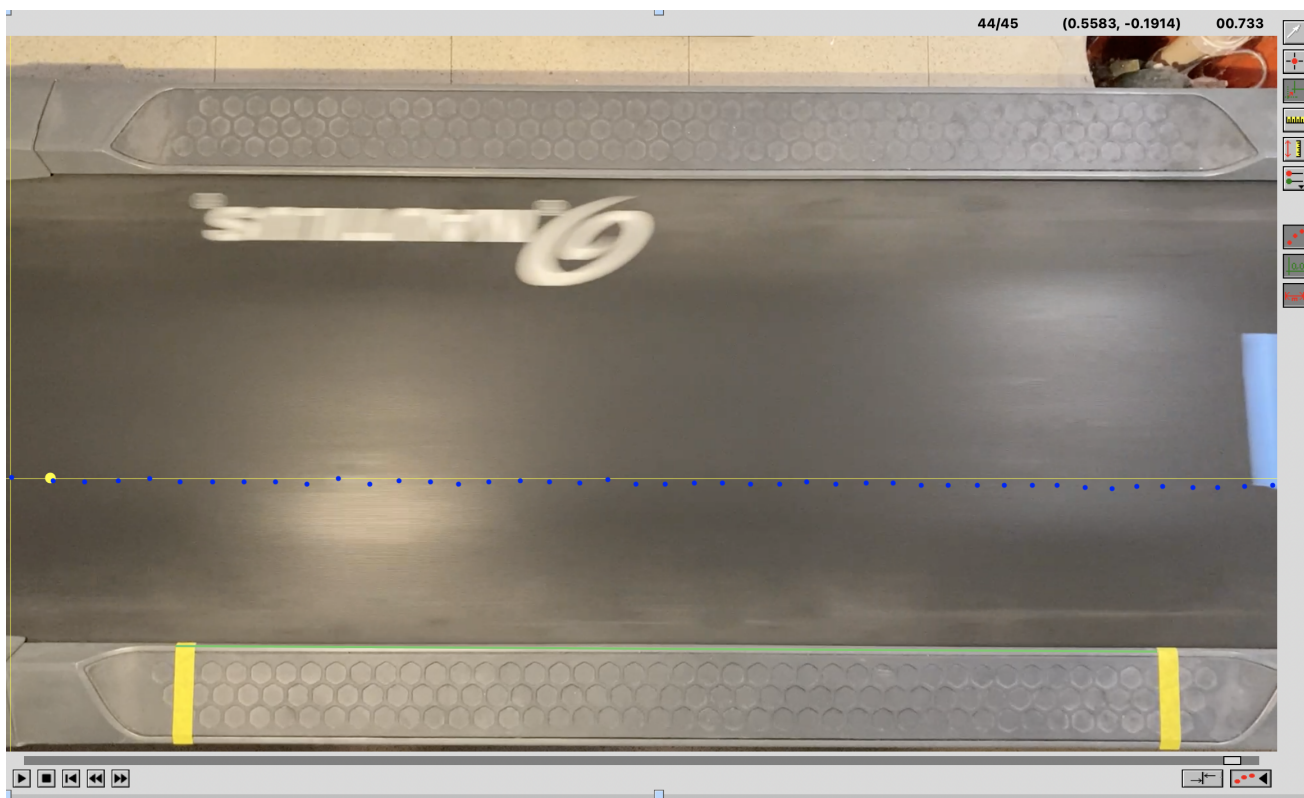
$$v = \frac{s}{t} \iff t = \frac{s}{v}$$

Vi kan nu udregne tiden.

$$\begin{aligned} t &= \frac{s}{v} \\ &= \frac{10 \text{ km}}{12 \text{ km/h}} \\ &= \frac{5}{6} \text{ h} \cdot 60 \text{ min/h} \\ &\approx 50 \text{ min} \end{aligned}$$

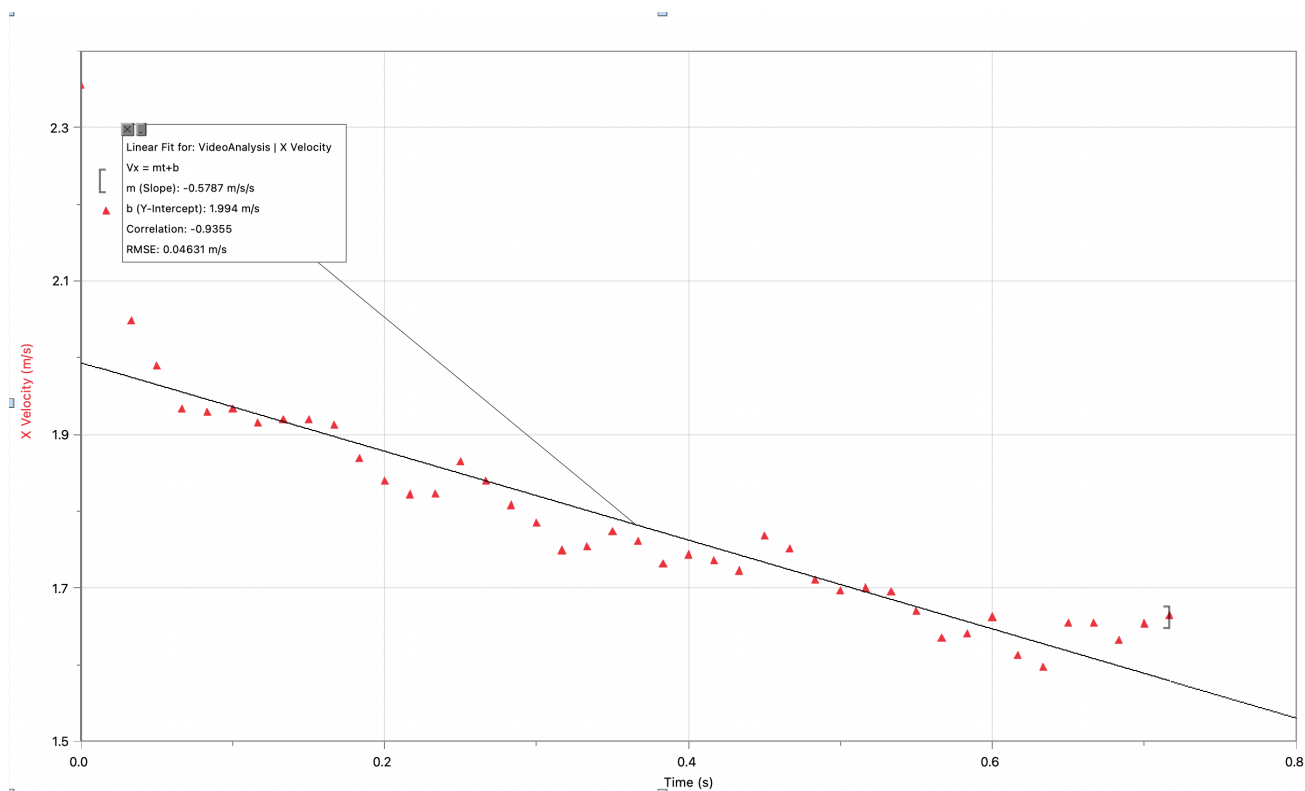
Det tager altså 50 minutter at løbe 10 km på løbebåndet.

b. En videotracking af sted ift. tid af det blå bånd på løbebåndet laves i Logger Pro, hvilket ses i fig. 2.



Figur 2: Videotracking i Logger Pro

Siden løbebåndet bremser med konstant acceleration, så laves en lineær regression på punkterne på  $(t, v_x)$ - grafen, hvilket ses i fig. 3. Det ses, at punkterne ligger tilnærmelsesvist på en ret linje.



Figur 3: Lineær regression på  $(t, v_x)$ -grafen i Logger Pro

Det ses, at punkterne ligger tilnærmelsesvist på den rette linje, og vi har fra regressionen, at accelerationen i  $x$ -retningen er

$$a = -0,5787 \text{ m/s}^2$$

Vi kan nu udregne bremselængden til båndet er helt stoppet.

$$\begin{aligned} \Delta s &= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot a} \\ &= \frac{(0 \text{ m/s})^2 - \left(\frac{12}{3,6} \text{ m/s}\right)^2}{2 \cdot (-0,5787 \text{ m/s}^2)} \\ &\approx 2,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Altså skal personen 2,9 m på løbebåndet inden den stopper helt.