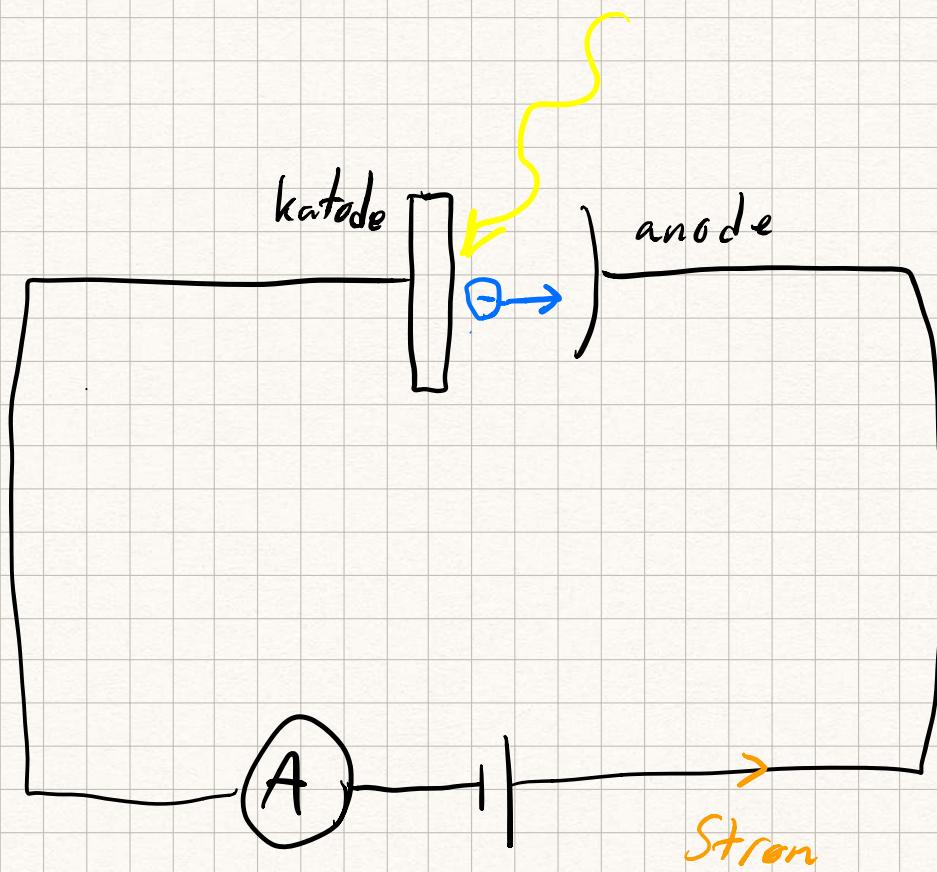


Oblig 2 - FYS2140

Joakim Flatby

1.

a) Fotoelektrisk effekt oppstår ved at elektromagnetisk stråling sendes på en metallplate som følgevis emitterer elektroner. For å ta bruk av effekten settes metallplaten i en krets slik at elektronene trekkes mot en anode pga. positiv spennin, føres gjennom kretsen, og skaper dermed en strøm.



b) $w_0 = 2.0 \text{ eV}$

$\lambda = 360 \text{ nm}$

Kinetisk energi:

$$\begin{aligned} K_{\max} &= h\nu - w_0 \\ &= \frac{hc}{\lambda} - w_0 = \frac{1240}{360} - 2.0 \\ &= \underline{\underline{1.4 \text{ eV}}} \end{aligned}$$

Stoppepotensial:

$$eV_0 = 1.4 \text{ eV} \Rightarrow V_0 = 1.4 \text{ V}$$

Hastighet:

$$m_e = 0.511 \text{ MeV/c}^2 = 5.11 \cdot 10^{-5} \text{ eV/c}^2$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.447}{5.11 \cdot 10^{-5}}}$$

$$= 2.380 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

$$= \underline{\underline{7.14 \cdot 10^5 \text{ m/s}}}$$

c)

$$W_0 = 2.0 \text{ eV}$$

$$\lambda = 400 \text{ nm}$$

$$I = 3.0 \cdot 10^{-9} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Energi per foton:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240}{400} = 3.1 \text{ eV} = 4.97 \cdot 10^{-19} \text{ W}\cdot\text{s}$$

Vi har den totale intensiteten i $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$, og kan dermed dele denne på energien per foton og få $\frac{1}{\text{m}^2\text{s}}$, altså antall per areal per sekund.

$$\frac{3.0 \cdot 10^{-9}}{4.97 \cdot 10^{-19}} = 6 \cdot 10^9 \frac{1}{\text{m}^2\text{s}}$$

Dette er antall fotoner som treffer materialet, og hadde vært antall elektroner dersom 100% av intensiteten førte til emisjon av elektroner, men ettersom 50% av strålingen blir reflektert, og bare 10% av det som ikke blir reflektert fører til emisjon av elektroner, har vi

$$6 \cdot 10^9 \cdot (0.5 \cdot 0.1) = \underline{3 \cdot 10^8}$$

og vi har funnet antall elektroner per areal per sekund.

Vi vet at materialet bare absorberer 50% av den totale innkommende energien.

Den totale intensiteten er $3,0 \cdot 10^{-9} \frac{W}{m^2}$ som kan skrives som $\frac{J}{m^2 s}$ som er energi pr. areal pr. sekund.

Den absorberte energien pr. kvadratmeter pr. sekund er altså

$$\frac{3,0 \cdot 10^{-9}}{2} = 1,5 \cdot 10^{-9} \frac{J}{m^2 s}$$

Den kinetiske energien for elektronene finnes igjen med

$$K_{max} = h\nu - \nu_0 = \frac{hc}{\lambda} - \nu_0 \\ = \frac{1240}{400} - 2,0 = 1,1 \text{ eV}$$

2.

$$\lambda_o = 1,00 \cdot 10^{-11} m = 0,01 \text{ nm}$$

$$\lambda_c = 2,426 \cdot 10^{-12} m = 2,426 \cdot 10^{-3} \text{ nm}$$

$$\Theta = 60^\circ$$

a) fotonets energi er gitt ved

$$E_\gamma = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240}{0,01} = 1,24 \cdot 10^5 \text{ eV}$$

Bevegelsesmengde:

$$p_\gamma = \frac{E}{c} = 4,14 \cdot 10^{-13} \frac{\text{eV}_s}{\text{nm}} = 1,24 \cdot 10^5 \frac{\text{eV}}{c}$$

b) For å finne fotonets og elektronets energi etter støtet trenger vi λ' :

$$\begin{aligned}\Delta\lambda &= \lambda' - \lambda = \lambda_c(1 - \cos\theta) \\ &= 2.426 \cdot 10^{-3} \left(1 - \frac{1}{2}\right) \\ &= 1.213 \cdot 10^{-3}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda' &= \Delta\lambda + \lambda_0 \\ &= 1.213 \cdot 10^{-3} + 0.01 \\ &= 1.1213 \cdot 10^{-2} \text{ nm}\end{aligned}$$

Fotonets energi etter støtet gitt ved:

$$E'_\gamma = \frac{hc}{\lambda'} = \frac{1240}{1.1213 \cdot 10^{-2}} = 1,11 \cdot 10^5 \text{ eV}$$

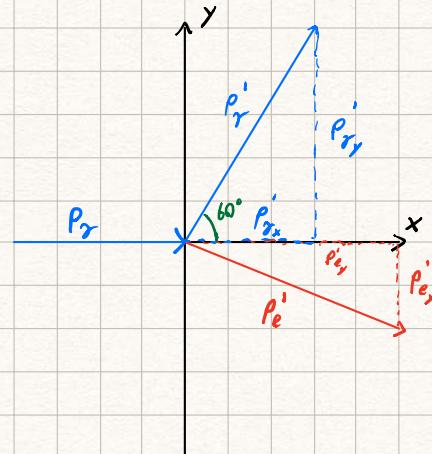
$$p'_\gamma = \frac{h}{\lambda'} = \frac{4.13 \cdot 10^{-15}}{1.1213 \cdot 10^{-2}} = 3.68 \cdot 10^{-13} \text{ eV} = 1.11 \cdot 10^5 \frac{\text{eV}}{\text{c}}$$

$$K'_\gamma = E'_\gamma = 1.11 \cdot 10^5 \text{ eV}$$

Ettersom fotonet bare har kinetisk energi er denne lik den totale energien, og siden den er masselos tilsvarer dette også bevegelsesmengden.

P.g.a bevaring av total bør. mengde har vi:

$$\begin{aligned} p_{ex}' &= p_{rx} - p_{rx}' \\ &= 1.24 \cdot 10^5 - 1.11 \cdot 10^5 \cdot \cos 60^\circ \\ &= 6.85 \cdot 10^4 \frac{\text{eV}}{c} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} p_{ey}' &= p_{ry} - p_{ry}' = 0 - p_{ry}' \\ &= 1.11 \cdot 10^5 \cdot \sin 60^\circ \\ &= 9.61 \cdot 10^4 \frac{\text{eV}}{c} \end{aligned}$$

elektronets totale bør. mengde etter støtet er altså:

$$\begin{aligned} p_e' &= \sqrt{p_{ex}'^2 + p_{ey}'^2} = \sqrt{(6.85 \cdot 10^4)^2 + (9.61 \cdot 10^4)^2} \\ &= 1.18 \cdot 10^5 \frac{\text{eV}}{c} \end{aligned}$$

Den totale energien til elektronet kan deretter finnes ved:

$$\begin{aligned} E_e' &= \sqrt{(p_e' \cdot c)^2 + (m_e c^2)^2} \\ &= \sqrt{(1.18 \cdot 10^5)^2 + (5.11 \cdot 10^5)^2} \\ &= 5.24 \cdot 10^5 \end{aligned}$$

Og vi trekker fra hvileenergien for å finne kinetisk energi: $K_e' = E_e' - m_e c^2 = 5.24 \cdot 10^5 - 5.11 \cdot 10^5$

$$= 1.3 \cdot 10^4 \text{ eV}$$

Til slutt kan vi finne sprengningsvinkelen til elektronet ved å bruke x- eller y-komponenten til bev. mengden:

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{p_{ex}}{p_e} \right) = \cos^{-1} \left(\frac{6.85 \cdot 10^4}{1.18 \cdot 10^5} \right) = \underline{54.5^\circ}$$

③

a) $\lambda_{\min} = 4000 \text{ \AA} = 400 \text{ nm}$
 $\lambda_{\max} = 7000 \text{ \AA} = 700 \text{ nm}$

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda_{\min}} = \frac{1240}{400} = 3.1 \text{ eV}$$

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda_{\max}} = \frac{1240}{700} = 1.77 \text{ eV}$$

Fotoner som faller i den synlige delen av spekteret har derved energier mellom 3.1 eV og 1.77 eV

b)

Bruker Rydbergs formel, der $R_H = 1.0967757 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

$$\lambda = \frac{1}{R_H \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)}$$

$n_f = 2$ og $n_i = 3, 4, \dots$ tilsvarer synlig lys.

$$\lambda = \frac{1}{R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)} = 6.5647 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

= 656.5 nm

$$\lambda = \frac{1}{R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right)} = 486.3 \text{ nm}$$

$$\lambda = \frac{1}{R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{5^2} \right)} = 434.2 \text{ nm}$$

$$\lambda = \frac{1}{R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{6^2} \right)} = 410 \text{ nm}$$

$$\lambda = \frac{1}{R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{7^2} \right)} = 397.1 \text{ nm}$$

Dette var altså noen spektrallinjer for atomart hydrogen. For enkeltionisert helium vet vi at den har to protoner i kjernen istedenfor ett. Derfor skalerer vi rydbergkonstanten med 2^2

Altså definerer vi

$$R_{He} = 4 R_H$$

Da tilsvarer ikke lengen Balmer-serien synlig lys, så vi bruker paschen-serien: $n_f = 3$ og $n_i = 4, 5$

$$\lambda = \frac{1}{4R_H \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right)} = 468,9 \text{ nm}$$

$$\lambda = \frac{1}{4R_H \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2} \right)} = 320,5 \text{ nm}$$

og finner og så at $n_r = 4$ og $n_i = 6, 7, 8$
gir synlig lys:

$$\lambda = \frac{1}{4R_H \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{6^2} \right)} = 656,5 \text{ nm}$$

$$\lambda = \frac{1}{4R_H \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{7^2} \right)} = 541,5 \text{ nm}$$

$$\lambda = \frac{1}{4R_H \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{9^2} \right)} = 486,3 \text{ nm}$$

C) Skjønner ikke helt hva som menes her, Magne nevnte i forelesningen på torsdag at man ikke må mistforstå og tro at effekt betyr effekt, men skjønner fortsatt ikke helt hva "disse" er?

Men å ta hensyn til rekryten av atomet kan vel gjøres med bevaring av bevegelsesmengde med atomets masse.

Har ikke fått oppgitt noe atom, så jeg antar at hydrogen skal brukes.

Har heller ikke fått oppgitt noen bolgelengde for fotonet, så jeg bruker den første jeg fant i forrige oppgave.

Bruker "lurt triks"

$$P_r = \frac{h}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda c} = \frac{1240}{656.5c} = 1.89 \frac{\text{eV}}{c}$$

Så har jeg fått tips om å bruke klassisk fysikk for å regne den kinetiske energien til atomet, ettersom det er veldig stort i denne sammenhengen.

$$K_H = \frac{1}{2} m_H v^2$$

Ganger med massen opp og ned for å bare beholde bevegelsesmengde og ikke fart.

$$k_H = \frac{m_+ v^2}{2m_+} = \frac{p_+^2}{2m_+}$$

p.g.a bevaring av bev.mengde skal $p_+ = p_x$,

dermed har vi:

$$\begin{aligned} k_H &= \frac{p_x^2}{2m_+} \\ &= \frac{(1.89 \frac{\text{eV}}{c})^2}{2 \cdot 9.389 \cdot 10^8 \frac{\text{eV}}{c^2}} = \frac{1.89^2 \frac{1}{c^2}}{2 \cdot 9.389 \cdot 10^8 \frac{1}{c^2}} \\ &= 1.9 \cdot 10^{-9} \text{ eV} \end{aligned}$$

Dette vil altså være den kinetiske energien atomet får som resultat av rekylet, men det er antakeligvis ikke dette jeg skulle gjøre i det hele tatt ettersom det nå står at jeg skal erstatte massen for elektronet med redusert masse, og jeg ikke har brukt elektronmassen i det hele tatt....