Oblig 1 Eirik Andreas Lund / eaflund

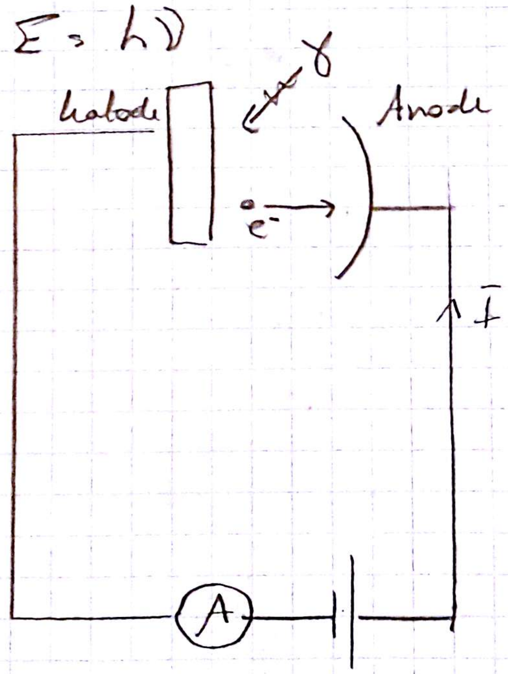
2.4

a) Fotoelektriske effekten er et viktig eksperiment som brøt den klassisk mekaniske tankegangen. Klassiske tanken var at lys var bølger som hadde kontinuerlig med energi, og ved øke intensiteten til lyset så burde kinetiske energien til elektronene øke samt E-feltet. Slik var ikke tilfellet, det viste seg heller at elektronene hadde en øvre grense for energien og grensen var uavhengig av intensiteten til lyset. De fant en lineær sammenheng hvor $K_{max}(\nu)$ var lineær.

Einstein formulerte at den elektromagnetiske energien er kvantisert, ..., med null masse i lyshastighet.

$E = h\nu$

figur:



fotoner slår ut elektroner fra metallet, ut katoden.

Fotoelektrisk effekt.

2.4

b) Grafen viser strøm som funksjon av spenning, Volt. Strømmen går asymptotisk og ved ca 7 volt ser vi at alle emitterte elektroner vil treffe Anoden.
Vi ser også at ved 0volt at emitterte elektroner når fram, men ikke alle.
Vi ser ved ca -0.6V så når ingen elektroner fram til Anoden. Ved dette punktet kaller vi det for arbeidsfunksjonen $-V_0$. Hvis dobler intensiteten så vil $-V_0$ forbli lik, men strømmen vil være høyere enn figur 2:8 pga høyere elektronantall.

c) $\lambda = 2.57 \cdot 10^{-7}$ m $\qquad k_{max} = eV_0 = -0.6 eV$

$k_{max} = h\nu - \omega_0$

$\omega_0 = h\nu - k_{max} \qquad \omega_0 = 5.42 eV$

Vi trenger minst 5.42eV for å løsrive et elektron.

d) Tabell 2.2

$k_{max} = h\nu - \omega_0 \quad , \quad \nu = \frac{c}{\lambda} \quad \& \quad k_{max} = eV_S$

Vi ønsker $y(\nu) = h \cdot \nu - \omega_0$

$y(x) = hx + c$ Som gir en lineær modell.

Script: (matlab)

```
nm = 1.0·10.^-7;
X = [C/(2.536×nm) C/(3.132×nm) C/(3.650·nm) C/4.047·nm
Y = [1.9e·e .... 0.14·e]
A = polyfit(X,Y,1)
```

Stigningstallet: $h \cong 6.50443 \cdot 10^{-34} \; m^2 \frac{kg}{s}$

$\omega_0 \cong 4.589 \cdot 10^{-19}$ J

2.4 e) kan γ overføre all energi til elektron $\gamma + e^- \rightarrow e^{-\prime}$!

Energi bevaring: $\frac{hc}{\lambda_0} = (m_{relativistisk} - m_0)c^2 \quad |:c$

$$\frac{h}{\lambda_0} = (m_r - m_0)c$$

$$mv = (m_r - m_0)c \quad |^2$$

$$\cancel{c^2} + v^2 - 2vc = \cancel{c^2} - v^2$$

$\cancel{2}v^{\cancel{2}} = \cancel{2}\cancel{v}c \qquad v \neq c$ hastigheten til et elektron kan aldri bli c, så nei fotonet kan ikke miste hele energien sin. Dette strider mot bevaring av energi og bevegelsesmengde.

Alternativt bevis: $E_\gamma + E_e = E_e' + 0'$

$$\left(\frac{hc}{\lambda_0} + m_e c^2\right) = \sqrt{(p_e' c)^2 + m_e^2 c^4} \quad |^2$$

$$\left(\frac{hc}{\lambda_0}\right)^2 + \frac{2hc\, m_e c^2}{\lambda_0} = (p_e' c)^2 + m_e^2 c^4$$

$$(*) \quad \left(\frac{hc}{\lambda_0}\right)^2 + \frac{2hc\, m_e c^2}{\lambda_0} + m_e^2 c^4 = (p_e' c)^2 + m_e^2 c^4$$

Bevaring bevegelsesmengde: $p_\gamma + 0 = p_e' \quad |^2$

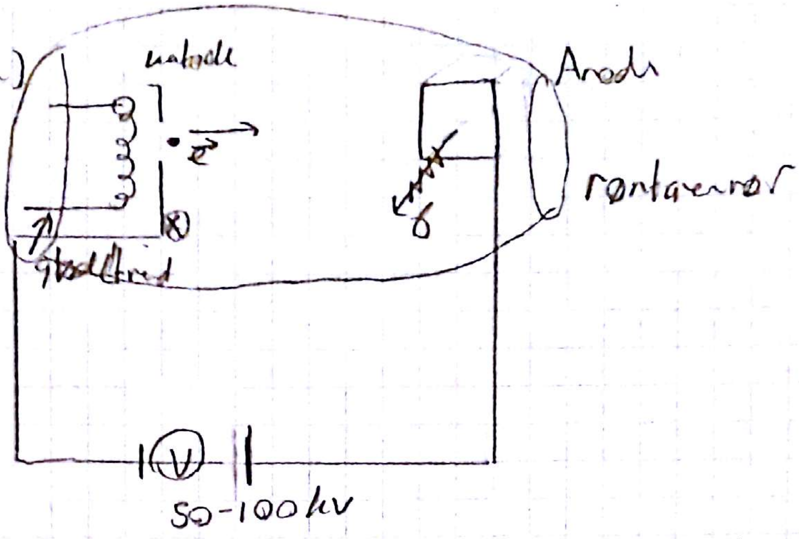
$$\left(\frac{h}{\lambda_0}\right)^2 = (p_e')^2 \quad |\cdot c^2 \quad = \frac{hc^2}{\lambda_0} = (p_e' c^2) \quad \text{I}$$

$$\text{I} \rightarrow (*)' \quad \cancel{\left(\frac{hc}{\lambda_0}\right)^2} + \frac{2h m_e c^3}{\lambda_0} + \cancel{m_e^2 c^4} = \cancel{\left(\frac{hc}{\lambda_0}\right)^2} + \cancel{m_e^2 c^4}$$

$\frac{2h m_e c^3}{\lambda_0} \neq 0$ Som ikke går fordi alle er kjente størrelser > 0

Nei, går ikke.

2.8 a)



Glødetråden sparker løs elektroner som akselererer gjennom elektroden (*). Potensial forskjell på ca 50-100kV mellom katode og anode. Elektronet kolliderer inn i anoden, deakselerasjonen til elektronet vil medføre en ΔE som går over til stråling γ kalt Bremsstrahlung eller røntgenstråling som ofte kalt.

$\lambda_x = (0.01 - 10\,nm)$

b) $\lambda_{min} = \frac{hc}{k_e \cdot |e|}$ $\qquad k_e = 10\,000\ eV$

$\lambda_{min} = 1.2398 \cdot 10^{-10}\ m$

c) $\lambda = 10^{-7}\ m$, $\theta = \frac{\pi}{4}$ & koherent refleksjon

Vi har $2d\sin\theta = n\lambda$, $n = 1$, $\theta = \frac{\pi}{4}$

$2d = \frac{\lambda}{\sin\theta}$ $\qquad d = 7.07 \cdot 10^{-8}\ m$

fotonet treffer krystallen, deler reflekteres og noe vil reflekteres ved neste lag osv. Om avstanden ikke tilsvarer til $n \in \mathbb{N} \cdot \lambda$ så vil få destruktiv interferens pga faseforskyvningen, men er avstanden heltallig $n \in \mathbb{N}$ så vil fasen være den samme og dermed koherent interferens

2.8 d) $\gamma \to e^- + e^+$

$E_\gamma \mapsto E_{e^-} + E_{e^+}$ pga lik masse, Energi bevaring.

$E_\gamma \to 2E_{e^-}$ Elektron før $p_e = 0$

$$\frac{hc}{\lambda_0} = 2m_e c^2$$

2.9

a) $\gamma + e^- \to \gamma' + e^{-'}$

Antar bevaring av energi og bevegelsesmengde

I Energi b.: $E_\gamma + E_{e^-} \to E_{\gamma'} + E_{e^-}'$

$$\frac{hc}{\lambda} + m_e c^2 = \frac{hc}{\lambda'} + \sqrt{(p_e' c)^2 + m_e^2 c^4}$$

II Bevaring bevegelsesm.. $p_\gamma + 0 \to p_\gamma' + p_e'$

$$p_\gamma - p_\gamma' = p_e' \mid \cdot c^2$$

kvadrer I $\left(\frac{hc}{\lambda} + m_e c^2\right)^2 = \left(\frac{hc}{\lambda'} + \sqrt{(p_\gamma - p_\gamma')^2 c^2 + m_e^2 c^4}\right)^2$

2ku setning og side x-planet $\cdot \cos\theta$

$$\left(\frac{hc}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{hc}{\lambda'}\right)^2 - 2\left(\frac{hc}{\lambda\lambda'}\right)\cos\theta = \left(m_e c^2 + \frac{hc}{\Delta\lambda}\right)^2 - (m_e c^2)^2$$

$$\Delta\lambda = (\lambda' - \lambda_0) = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta)$$

B) Vi har sett at fotonet mister energi i kollisjonen til felles e^- lavere energi, jo større bølgelengde

$\Delta\lambda = (\lambda' - \lambda_0)$ dvs $\lambda' > \lambda_0$

c) Bevaring bev. $p_\gamma - p_e = p_\gamma' + p_{e^-}'$, men p_e har like stor bev.mengde som $p_\gamma \to p_\gamma - p_\gamma = p_\gamma' + p_e'$

$-p_\gamma' = p_e'$ $\quad p_e' = -\frac{h}{\lambda'} \mid \cdot c^2$

innsatt for $E_\gamma + E_e = E_\gamma' + E_e'$ så får vi at

$\lambda' = \lambda \quad \Delta\lambda = (\lambda - \lambda) = 0.$

3.2 Hydrogen $m_p = 1836\, m_e$

a) vis at $L = \mu \omega r^2$

vi har at $V = \omega r$ og μ er massesenteret

$L = mvr = (m_e V_1 r_1 + m_p V_2 r_2)$ sorterer for ω

$L = (m_e r^2 + m_p r^2)\omega = \omega I$ treghet (I)

$I = \left(1 + \frac{m_e}{m_p}\right)^{-2} r^2 m_e + \left(1 + \frac{m_p}{m_e}\right)^{-2} r^2 m_p$

$I = \frac{m_e m_p}{m_e + m_p} r^2$ μ sorterer ut r^2 $\mu = \frac{I}{r^2}$

$L = \mu r^2 \omega = \mu \omega r^2$

b) $L = n\hbar = mvr$ $\quad V^2 = \left(\frac{n\hbar}{\mu r}\right)^2$ Spin

klassisk mek gir E-felt + Sentripetal aks:

$E = -\frac{ke^2}{r^2} + \frac{1}{2}\mu v^2 = \frac{1}{2}\mu v^2 = \frac{k_e e^2}{2r}$

$\frac{1}{2}\left(\frac{n\hbar}{\mu r}\right)^2 = \frac{k_e e^2}{2r}$

$r = \frac{\hbar^2}{\mu k_e e^2} n^2 = a_0 n^2$ hvor $a_{0\mu} = \frac{\hbar^2}{\mu k_e e^2}$

$E_n = -\frac{k_e^2 \mu e^4}{2\hbar^2} \frac{1}{n^2} = h\nu = E_i - E_f$

$\Delta E = (E_i - E_f) = \frac{\mu k_e e^4}{2\hbar^2}\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$

Som er likt untatt m_e er erstattet med μ

$\frac{m_e}{\mu} = 0{,}5\%$ mer nøyaktig formel ettersom vi nå tar

hensyn for redusert masse.

Scanned by CamScanner

3.2 c) $H\alpha$ ($n=3 \rightarrow n=2$), Balmer

Balmer: $\lambda_B = (3645.6 \cdot 10^{-10} m) \frac{n^2}{n^2-4} = 656,1 nm$ (rødt lys)

Rydberg konstanten $R_H = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^3 c}$ erstatter m_e med μ

$$R_{H\mu} = \frac{\mu e^4}{8\varepsilon_0^2 h^3 c}$$

$$\frac{1}{\lambda_\mu} = R_{H\mu}\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n_i^2}\right) = 656,4 nm$$

diff på ca 0,2 nm ved justert for redusertmasse

d) spektrallinjen $H\alpha$ fra Deuterium har $\lambda_d = 656,029 Å$

prøver å løse ved Energi shift ratio: $Å = 10^{-10} m$

$$\frac{\Delta E_h}{\Delta E_D} = \frac{\mu_h}{\mu_D}$$ resten v konstanter som blir $\frac{1}{1}$

$$\frac{(E_i - E_f)_h}{(E_i - E_f)_D} = \frac{\left(1 + \frac{m_e}{m_d}\right)}{\left(1 + \frac{m_e}{m_p}\right)}$$ vi vet at $m_p = 1836 \cdot m_e$

$$\frac{1837}{1836}\Delta E_h = \left(1 + \frac{m_e}{m_d}\right)\Delta E_D$$

$$\frac{1837}{1836}\Delta E_h = \left(1 + \frac{m_e}{m_d}\right)\Delta E_D$$, Antar E_{0h} og løser

ΔE_d for $\frac{hc}{\lambda_D}$

$$m_d = \frac{(-30.28 eV \cdot m_e)}{\left(\frac{1837}{1836}(-13,6 eV) + 30,28 eV\right)} = 1.6544 \cdot 10^{-30} kg$$

Deuterium $^2H_1$ har også et nøytron $\approx 1.675 \cdot 10^{-27}$

$$D_p + D_N = \frac{1.6775653 \cdot 10^{-27}}{u} = 2.0131 amu$$