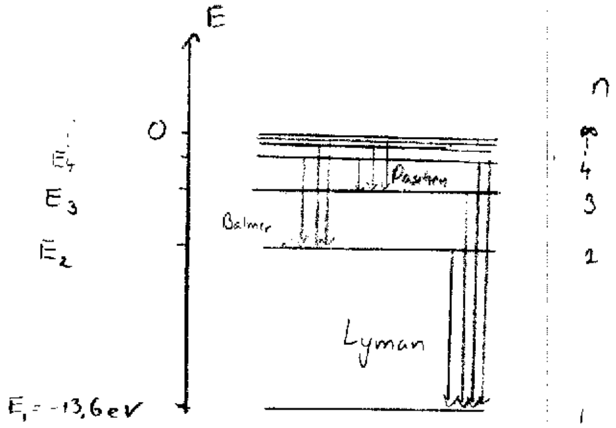
E3 Vätets spektrum

$$E_n = -\frac{1}{n^2}\frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}$$



Vid övergång från ett tillstånd (energi E_i) till ett annat (energi $E_f < E_i$), utsänds ljus med energin

$$hf = E_i - E_f$$

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{\lambda} = \underbrace{\frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^3 c}}_{}\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$$

$R_\infty = 1{,}097\cdot 10^7\ \text{m}^{-1}$ - Rydbergs konstant (egentligen experimentell)

oändlig kärnmassa

Lymanserien $\quad n_f = 1 \quad \Longrightarrow \quad n_i \geq 2$

λ_{max} fås då $n_i = 2 \quad \Longrightarrow \lambda_{max} = \frac{1}{R_\infty\left(1-\frac{1}{2^2}\right)} \simeq 122\ \text{nm}$

λ_{min} fås då $n_i \to \infty \quad \Longrightarrow \lambda_{min} = 1/R_\infty \simeq 91{,}2\ \text{nm}$

Balmerserien $\quad n_f = 2 \quad \Longrightarrow \quad n_i \geq 3$

$\lambda_{max} = \{n_i = 3\} = \frac{1}{R_\infty\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{3^2}\right)} \simeq 656\ \text{nm}$

$\lambda_{min} = \{n_i \to \infty\} = 365\ \text{nm}$

Paschenserien $\quad n_f = 3 \quad \Longrightarrow \quad n_i \geq 4$

$\lambda_{max} = \{n_i = 4\} = 1875\ \text{nm}$

$\lambda_{min} = \{n_i \to \infty\} = 820\ \text{nm}$

Synligt ljus $\quad 400\ \text{nm} \leq \lambda \leq 800\ \text{nm}$

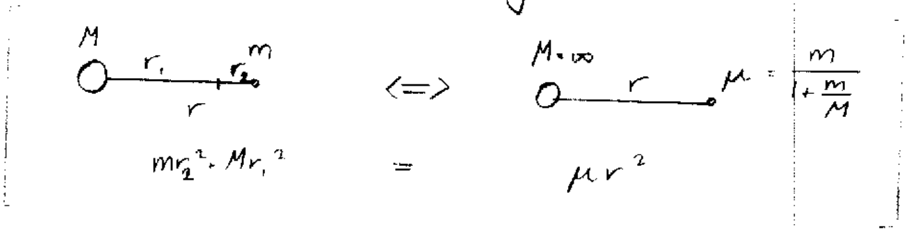
E6 — Deuteriums spektrum

Hur stor är skillnaden mellan våglängderna i vätespektrat och deuteriumspektrat?

Skillnad mellan väte ^1H och deuterium ^2H?
Jo, kärnans massa.

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

R_∞: Beräknad för oändlig kärnmassa



Byt ut m_e mot μ!

$$R_\infty \propto m_e \implies R = R_\infty \frac{1}{1+\frac{m_e}{M}}$$

Antag $\underset{\text{neutron}}{M_n} = \underset{\text{proton}}{M_p} = \underset{\text{nukleon}}{M_N}$

$$\therefore \quad \lambda(^1H) - \lambda(^2H) = \frac{1}{R_\infty} \frac{1}{\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)} \underbrace{\left(1 + \frac{m_e}{M_N} - 1 - \frac{m_e}{2M_N} \right)}_{= \frac{m_e}{2M_N} \approx \frac{1}{2 \cdot 1837} \approx 2{,}72 \cdot 10^{-4}}$$

Balmerserien: $n_f = 2$

$n_i = 3 \implies \Delta\lambda \approx 1{,}79$ Å

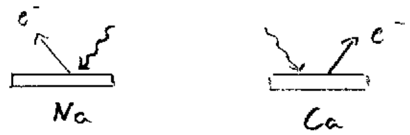
$n_i = 4 \implies \Delta\lambda \approx 1{,}32$ Å

$n_i = 5 \implies \Delta\lambda \approx 1{,}18$ Å

E13

Fotoelektrisk effekt II

En H-Lampa används för att fotoemittera elektroner från ett kalcium respektive ett natriumprov



Givet: utträdesarbetena

$\phi_{Ca} = 3{,}1\,eV$

$\phi_{Na} = 2{,}8\,eV$

Vilka ytterligare våglängder blir användbara (att oanvändbara) då Ca-provet byts ut mot Na-provet?

Fotoelektrisk effekt

$$K_{max} = hf - \phi$$

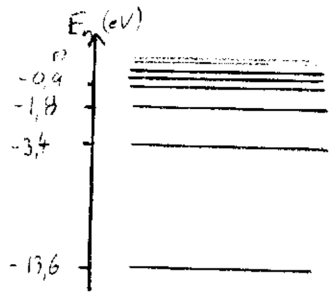
Vätespektrat

$$hf = E_i - E_f = 13{,}6\,eV \cdot \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$$

När vi byter från Ca till Na kan vi även fotoemittera elektroner med ljus som har energin

$2{,}8\,eV < hf < 3{,}1\,eV$ [plus, givetvis, fortfarande alla med $hf > 3{,}1\,eV$]

Energinivådiagram



∴ Ytterligare några våglängder i Balmer-serien ($n_f = 2$) blir användbara.

$n_i = 3 \Rightarrow hf = 13{,}6\,eV\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right) = 1{,}89\,eV$ för lite

$n_i = 4 \Rightarrow hf = 13{,}6\,eV\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2}\right) = 2{,}55\,eV$ för lite

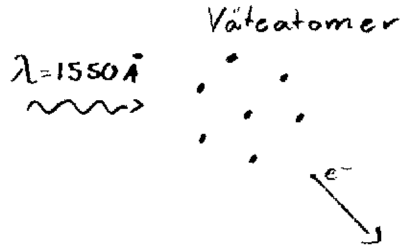
$n_i = 5 \Rightarrow hf = 2{,}86\,eV$, $f = \frac{c}{\lambda}$ $\Rightarrow \underline{\lambda \simeq 433\,nm}$

$n_i = 6 \Rightarrow hf = 3{,}02\,eV$ $\Rightarrow \underline{\lambda \simeq 410\,nm}$

$n_i = 7 \Rightarrow hf = 3{,}12\,eV$ fungerar även för Ca

E15

Fotoabsorption



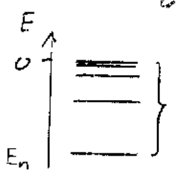
$$E_k = \begin{cases} 4{,}60\ eV \\ 6{,}49\ eV \quad \text{(svag signal)} \end{cases}$$

[OBS! Dessa diskreta elektronenergier kommer ifrån fotoabsorption, dvs elektronen absorberar hela fotonenergin. Comptonspridda elektroner hade haft kontinuerlig energifördelning]

Vad leder till att elektroner emitteras?
Elektronen har absorberat en foton och lämnat kärnan med kinetisk energi!

$$E_k = hf - E_b$$

↖ Bindningsenergi – dvs den energi som krävs för att elektronen skall lämna kärnan



$$E_b = -E_n = +\frac{1}{n^2}\cdot 13{,}6\ eV$$

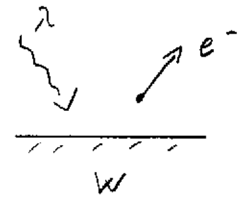
$$\because\ E_k = \frac{hc}{\lambda} - \frac{13{,}6\ eV}{n^2} \quad \Rightarrow \quad n = \sqrt{\frac{13{,}6\ eV}{\frac{hc}{\lambda} - E_k}}$$

$$E_k = 4{,}60\ eV \quad \Rightarrow \quad n = 2$$

$$E_k = 6{,}49\ eV \quad \Rightarrow \quad n = 3$$

[Varför observeras få elektroner med stor E_k?]

E17 Fotoelektrisk effekt



Givet: $\lambda_{max,w} = 230\,\text{nm}$ (för fotoel. effekt i volfram) (10^{-9} m)

Sökt: K_{max} och v_{max} för utsända elektroner då $\lambda = 180\,\text{nm}$.

Den minsta energi som krävs för att en elektron skall lämna materialet kallas utträdesarbete, $\varnothing$.

$\Rightarrow$ Maximal kinetisk energi för en elektron som absorberar ljus med frekvensen f:

$$K_{max} = hf - \varnothing$$

Gränsvärde för fotoelektrisk effekt:

$$hf_{min} = \varnothing = \frac{hc}{\lambda_{max}}$$

För volfram:

$$\varnothing_w = \frac{hc}{\lambda_{max,w}} = \left\{ \begin{array}{l} h = 6{,}626\cdot 10^{-34}\,\text{J} = \\ \quad = 4{,}1357\cdot 10^{-15}\,\text{eV} \\ c = 3\cdot 10^{8}\,\text{m/s} \end{array} \right\} = 5{,}4\,\text{eV}$$

Med $\lambda = 180\,\text{nm}$ fås

$$\underline{\underline{K_{max}}} = \frac{hc}{\lambda} - \varnothing_w = \underline{\underline{1{,}5\,\text{eV}}} = \left\{ 1\,\text{eV} = 1{,}6\cdot 10^{-19}\,\text{J} \right\} = 2{,}4\cdot 10^{-19}\,\text{J}$$

$$K_{max} = \frac{1}{2} m_e v_{max}^2 \quad \Rightarrow \quad \underline{\underline{v_{max}}} = \sqrt{\frac{2K_{max}}{m_e}} = \left\{ m_e \approx 9{,}109\cdot 10^{-31}\,\text{kg} \right\} \approx \underline{\underline{7{,}3\cdot 10^{5}\,\text{m/s}}}$$

($v_{max} \ll c$, ej S.R.)