

5

I ett experiment används en vätelampa (som producerar ett väldefinierat linjespektrum) för att fotoemittera elektroner från ett något förorenat bariumprov

Beräkna med hjälp av nedanstående uppgifter

a) provets utträdesarbete (uttryckt i eV) och

b) den procentuella ändringen i maximal hastighet hos de från Ba-provet emitterade elektronerna då våglängden på ljuset från lampan ändras från den längsta till den näst längsta i Lymanserien. (våglängdsändringen ombesörjs med en gitterspektrometer). Man har observerat att det nätt och jämnt emitteras elektroner om den kortast våglängden i Balmer-serien används.

(Lymanserien: övergångar från $n > 1$ till grundtillståndet ($n = 1$))

Balmer-serien: övergångar från $n > 2$ till $n = 2$) (4p)

5

$$E_{k, \max} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{hc}{\lambda} - \phi$$

el. ut nätt och jämnt om fotonenergin

$$= \frac{hc}{\lambda_{\infty \rightarrow 2}} = \frac{13,6}{4} \text{ eV} = \underline{\underline{3,4 \text{ eV}}}$$

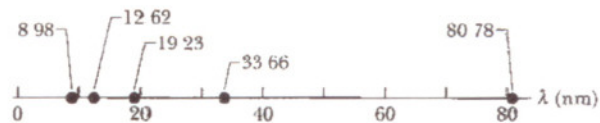
$$\text{med } \frac{hc}{\lambda_{L \rightarrow 1}} = -13,6 \left[\frac{1}{4} - 1 \right] = 10,2 \text{ eV}$$

$$\text{För } \frac{1}{2} m v_{\max, 1}^2 = 10,2 - 3,4 = 6,8 \text{ eV}$$

$$\text{med } \frac{hc}{\lambda_{B \rightarrow 1}} \text{ för } \frac{1}{2} m v_{\max, 2}^2 = 12,1 - 3,4 = 8,7 \text{ eV}$$

$$\Rightarrow \frac{v_{\max, 2} - v_{\max, 1}}{v_{\max, 1}} = \frac{\sqrt{8,7} - \sqrt{6,8}}{\sqrt{6,8}} = \underline{\underline{13\%}}$$

6. En ensam elektron befinner sig i en endimensionell potentiallåda med bredden a . Inuti lådan är potentialen konstant, medan den är oändligt hög utanför lådan. Elektronen befinner sig ursprungligen inte i grundtillståndet (= det tillstånd som har lägst energi) utan i det första exciterade tillståndet (= det tillstånd som har näst lägst energi). Figuren nedan visar de fem längsta fotonvåglängderna som elektronen kan absorbera när den exciteras från det näst lägsta tillståndet direkt till ett annat högre tillstånd. Bestäm potentiallådans bredd. (4 p)



⑥ $n_i = 2$ 1:a exc. tillståndet
 $n_f = 3$ 2:a exc. tillståndet

$\lambda_{\max}$ svarar mot $n_i \rightarrow n_f$

Energivärdena ges av

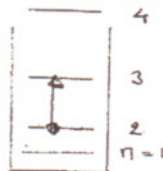
$$E_n = n^2 \frac{h^2}{8ma^2}$$

$$\Rightarrow E_3 - E_2 = (3^2 - 2^2) \frac{h^2}{8ma^2}$$

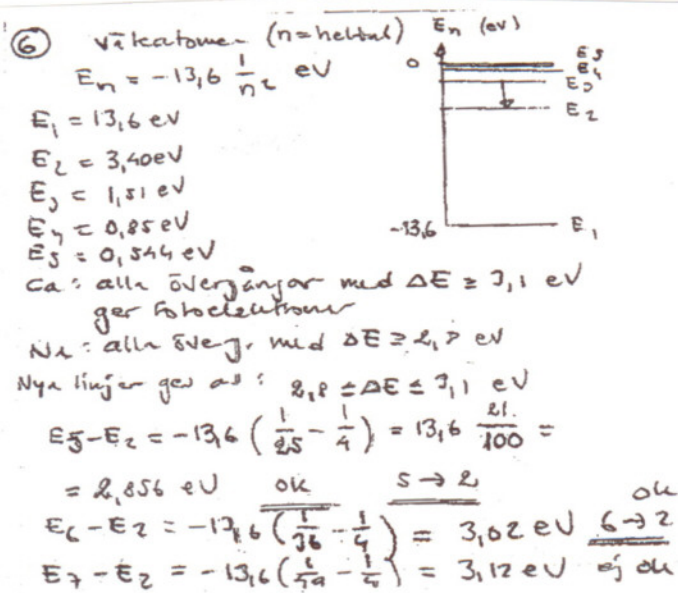
Fotonenergin $E_3 - E_2 = hf_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\max}}$

$$\Rightarrow a^2 = \frac{5h\lambda_{\max}}{8mc} = \frac{5 \cdot 6.6 \cdot 10^{-34} \cdot 80.78 \cdot 10^{-9}}{8 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{a = 3.5 \text{ Å}}}$$



6. I ett fotoemissionsexperiment låter man en vätelampa, som ger ett väldefinierat väteatomlinjespektrum, belysa ett kalciumprov vars utträdesarbete är 3,1 eV. Utträdesarbetet är den minsta energi som elektronerna behöver ha för att kunna frigöra sig från provet, dvs i första delen av detta problem från kalciumprovet. Man observerar då fotoelektroner som åstadkoms av de vätelinjer som har tillräckligt hög energi. Om kalciumprovet byts ut mot ett natriumprov (utträdesarbete 2,8 eV), vilka ytterligare linjer ger då upphov till fotoelektroner alternativt vilka linjer kan nu inte längre ge upphov till fotoelektroner? Åskådliggör med hjälp av ett energinivådiagram. (4 p)



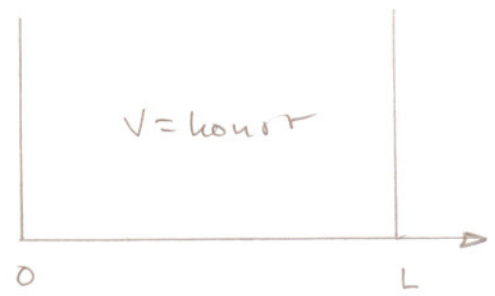
①

Partikel i låda.

$$\psi = C \cdot \sin kx$$

$$k = n \frac{\pi}{L} \quad \sin kL = 0$$

$$E = \frac{\hbar^2}{2m} k^2 = \frac{h^2}{8mL^2}$$



$$\psi = C \cdot \sin\left(n \frac{\pi}{L} x\right)$$

Övning:

1) Bestäm C!

normering: $\int_0^L |\psi|^2 dx = 1$

$$\Rightarrow \int_0^L C^2 \sin^2 kx \cdot dx = 1$$

$$\boxed{\sin^2 \alpha = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\alpha}$$

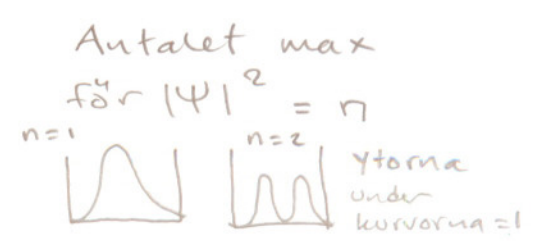
$$\Rightarrow \int_0^L C^2 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2kx \right) dx = 1$$

$$\Rightarrow C^2 \left[\frac{x}{2} - \frac{1}{2} \frac{1}{2k} \sin 2kx \right]_0^L =$$

$$= C^2 \left[\frac{L}{2} - \frac{1}{4k} \overset{=0}{\sin 2kL} \right] = C^2 \frac{L}{2} = 1$$

$$\Rightarrow C = \sqrt{\frac{2}{L}} \quad \text{oberoende av } k.$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \psi_1 = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{\pi}{L} x\right) \\ \psi_2 = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(2 \frac{\pi}{L} x\right) \\ \psi_3 = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(3 \frac{\pi}{L} x\right) \\ \text{osv.} \end{cases}$$



$n=3$ se nästa exempel

28.41

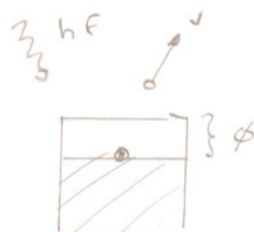
41. A photon with wavelength λ is absorbed by an electron confined to a box. As a result, the electron moves from state $n = 1$ to $n = 4$. (a) Find the length of the box. (b) What is the wavelength of the photon emitted in the transition of that electron from the state $n = 4$ to the state $n = 2$?



28.10

10. Electrons are ejected from a metallic surface with speeds ranging up to 4.60×10^5 m/s when light with a wavelength of 625 nm is used. (a) What is the work function of the surface? (b) What is the cutoff frequency for this surface?

Lösung:



a) $hf - \phi = \frac{1}{2} m v_{\max}^2$

$\Rightarrow \phi = hf - \frac{1}{2} m v_{\max}^2$

I eV: $\phi = \frac{hc}{e\lambda} - \frac{1}{2e} m v_{\max}^2 = \frac{1}{1.6 \cdot 10^{-19}} \left(\frac{6.64 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{625 \cdot 10^{-9}} - \frac{9.11 \cdot 10^{-31} \cdot (4.6 \cdot 10^5)^2}{2} \right)$

$\frac{hf}{e} = 1.98 \Rightarrow f_c = \frac{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 1.98}{6.64 \cdot 10^{-34}} = 3.94 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = 1.98 \text{ eV} \cdot (\text{Lsg!})$

28.38

38. An electron that has an energy of approximately 6 eV moves between rigid walls 1.00 nm apart. Find (a) the quantum number n for the energy state that the electron occupies and (b) the precise energy of the electron.

Lösung:

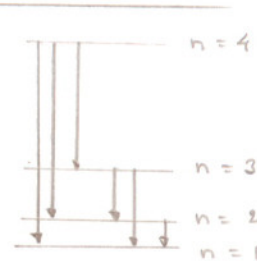
$E_n = \frac{n^2 h^2}{8m \cdot a^2} \Rightarrow n^2 = \frac{E_n \cdot 8 \cdot m \cdot a^2}{h^2}$

$= \left[\text{auf! SI-Einheiten} \right] = \frac{6 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 8 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \cdot (1.0 \cdot 10^{-9})^2}{(6.64 \cdot 10^{-34})^2}$

$\Rightarrow n = 3.98 = \underline{4}$

28.39

39. **Physics Now**™ An electron is contained in a one-dimensional box of length 0.100 nm. (a) Draw an energy level diagram for the electron for levels up to $n = 4$. (b) Find the wavelengths of all photons that can be emitted by the electron in making downward transitions that could eventually carry it from the $n = 4$ state to the $n = 1$ state.



Lösung:

$E_n = n^2 \frac{h^2}{8ma^2} \quad \Delta E = (n_i^2 - n_f^2) \frac{h^2}{8ma^2}$

$\Delta E = hf = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{hc \cdot 8ma^2}{h^2} \frac{1}{n_i^2 - n_f^2} = \frac{8ma^2 c}{h} \frac{1}{n_i^2 - n_f^2}$

$= \frac{8 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \cdot (0.100 \cdot 10^{-9})^2 \cdot 3 \cdot 10^8}{6.64 \cdot 10^{-34}} \frac{1}{n_i^2 - n_f^2} = 3.29 \cdot 10^{-9} \frac{1}{n_i^2 - n_f^2}$

$n_i = 4$

$n_f = 3$

$n_f = 2$

$n_f = 1$

$1/n_i^2 - n_f^2$

$1/(16-9)$

$1/(16-4)$

$1/(16-1)$

$\Rightarrow \lambda = 4,70 \text{ nm}$

$\Rightarrow 2,75$

$\Rightarrow 2,10$

$n_i = 3$

$n_f = 2$

$n_f = 1$

$1/n_i^2 - n_f^2$

$1/(9-4)$

$1/(9-1)$

$\Rightarrow 6,40$

$\Rightarrow 4,12$

$\Rightarrow 11,0$