

FACIT

Fysik 2 - Lite träningsuppgifter - kvantfysik

1. Nedan visas ett antal mått på olika energier.

A Energin hos en foton med våglängden 400 nm

B Energin hos en foton med frekvensen 400 THz

C Energin 2,9 eV

D Energin som frigörs i väte vid ett hopp från nivå 3 till 2

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$$

$$c = 3 \cdot 10^8$$

$$"E" = 1,602 \cdot 10^{-19}$$

Vilken av energierna A - D är störst respektive minst?

" / E "

$$A: E_{\text{foton}} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{400 \cdot 10^{-9}} = 4,97 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3,10 \text{ eV}$$

$$B: E_{\text{foton}} = h \cdot f = h \cdot 400 \cdot 10^{12} = 2,65 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,66 \text{ eV}$$

$$C: 2,9 \text{ eV} = 2,9 \cdot E = 4,65 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$D: \text{För väte gäller: } E_3 = -\frac{13,6}{3^2} = -1,51 \text{ eV}$$

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ (eV)}$$

$$E_2 = -\frac{13,6}{2^2} = -3,4$$

$$\text{Hopp från } 3 \rightarrow 2 \Rightarrow E_{3 \rightarrow 2} =$$

$$= -1,51 - -3,4 = 1,89 \text{ eV}$$

$$= 3,03 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$A: 3,10 \text{ eV} \quad 4,97 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$B: 1,66 \text{ eV} \quad 2,65 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$C: 2,90 \text{ eV} \quad 4,65 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$D: 1,89 \text{ eV} \quad 3,03 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

A är störst

\Rightarrow B är minst

2. Förklara innebörden av följande begrepp:

a) Emission



"Nedåt hoppet", då en exciterad atoms elektron går mot ett energitillstånd med mindre energi. Vid emissioner frigörs energi i form av en utsänd foton.

b) Absorption



"Uppåt hoppet", då energi till förs en atom kommer energin att innebära en excitation som motsvarar mellanskillnaden mellan de två energitillstånd som "hoppet" sker mellan.

c) Emissionsspektrum

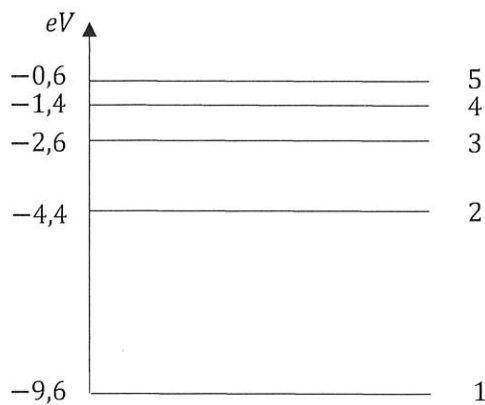
De våglängder som frigörs pga möjliga emissioner hos en atom kommer att utgöra ett antal specifika färger, ett slags litet "fingeravtryck" för varje grundämne

d) "Quantum leap" i form av en liten del av regnbågen, för exempel se uppgift 6.

d) "Quantum leap"

När en elektron byter energitillstånd sker det som ett slags omedelbart "hopp" till ett annat "skal". Detta "hopp", oavsett om det är utåt eller inåt brukar refereras till som "the quantum leap"

3. Figuren nedan visar ett energinivådiagram hos en atom med samtliga av dess energinivåer angivna. Grundtillståndet är $-10,6 \text{ eV}$.



Undersök hur många linjer i denna atoms emissionsspektrum som syns med det mänskliga ögat.

Det finns olika strategier, men oavsett behöver man utgå från det synliga ljuset, dvs våglängder mellan 400 nm och 700 nm. Detta motsvarar energier mellan.

$$400 \text{ nm} \rightarrow E_{\text{foton}} = \frac{hc}{400 \cdot 10^{-3}} = 4,97 \cdot 10^{-19} \text{ J} \rightarrow 3,10 \text{ eV}$$

$$700 \text{ nm} \rightarrow E_{\text{foton}} = \frac{hc}{700 \cdot 10^{-3}} = 2,84 \cdot 10^{-19} \text{ J} \rightarrow 1,77 \text{ eV}$$

$$5 \rightarrow 4: -0,6 - -1,4 = 0,8 \text{ eV}$$

$$5 \rightarrow 3: -0,6 - -2,6 = 2 \text{ eV} \quad \text{synlig. (620,7 nm)}$$

$$5 \rightarrow 2: -0,6 - -4,4 = 3,8 \text{ eV}$$

$$4 \rightarrow 3: -1,4 - -2,6 = 1,2 \text{ eV}$$

$$4 \rightarrow 2: -1,4 - -4,4 = 3,0 \text{ eV} \quad \text{synlig (413,9 nm)}$$

$$3 \rightarrow 2: -2,6 - -4,4 = 1,8 \text{ eV} \quad \text{synlig (689,8 nm)}$$

$$3 \rightarrow 1: -2,6 - -9,6 = 7,0 \text{ eV}$$

$$2 \rightarrow 1: -4,4 - -9,6 = 5,2 \text{ eV}$$

\Rightarrow Sammantaget finns **3 synliga linjer**

4. Einstein fick Nobelpris för förklaringen av den fotoelektriska effekten.

Vad innebär denna effekt?

Fotoelektrisk effekt innebär att det med hjälp av ljus ("Foto") går att frigöra elektroner ("elektrisk") ur laddade metaller.

Principen är att det inkommande ljuset, som består av fotoner med energin $E = \frac{hc}{\lambda}$ (dvs energin beror på våglängden) \Rightarrow blått ljus har mer energi än rött

kan överföra sin energi till elektronerna i metallen.

Denna energi används sedan av elektronerna till att "fly" från metallen.

Varje metall har en slags minimal mängd energi som behöver forceras för att lyckas "rymma" (sk. utträdes E_u arbete).

Ev. överskott (dvs om $E_f - E_u > 0$) kommer förbli hos elektronen på utsidan i form av kinetisk energi.

5. En uppfinning som gör det möjligt att se enorma förstoringar är det s.k. *elektronmikroskopet*. Principen är att utnyttja elektroners vågegenskaper där där våglängderna är klart mindre än för synligt ljus och därmed blir upplösningen bättre.

a) Visa med beräkningar att våglängden för en elektron som skjuts i väg med hastigheten $v = 3 \text{ Mm/s}$ har en våglängd som är mindre än för synligt ljus.

$$\begin{aligned} \text{de Broglie} &\Rightarrow m \cdot v = \frac{h}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{m \cdot v} \\ &= \left[\begin{array}{l} m = m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \\ v = 3 \text{ Mm/s} = 3 \cdot 10^6 \text{ m/s} \end{array} \right] = \frac{h}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^6} \\ &= 2,4 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,24 \text{ nm} \end{aligned}$$

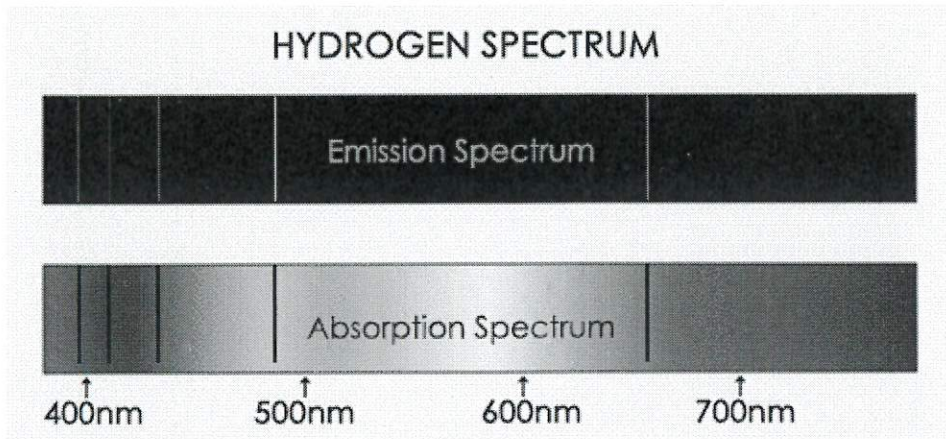
0,24 nm är mycket mindre än 400 nm.

b) Redogör för det experiment där man upptäckte att elektroner har vågegenskaper trots att de är partiklar.

Det går under namnet "the double slit-experiment" och gick ut på att skicka elektroner genom en dubbelspalt, dvs 2 tunna öppningar. Det visade sig - lätt oväntat - att det på andra sidan dubbelspalten dök upp ett interferensmönster, enligt samma princip som sker om man skulle skickat in vågor i stället för elektroner.

Slutsatsen blev att elektroner - precis som ljus - kan uppträda både som partiklar och vågor (!?)

6. En kompis som inte läst fysik 2 googlar lite och hittar följande bild:



Kanske eg.
inte borde
varit svart, ←
men principen
funger nog
ief.

Kompisen frågar dig:

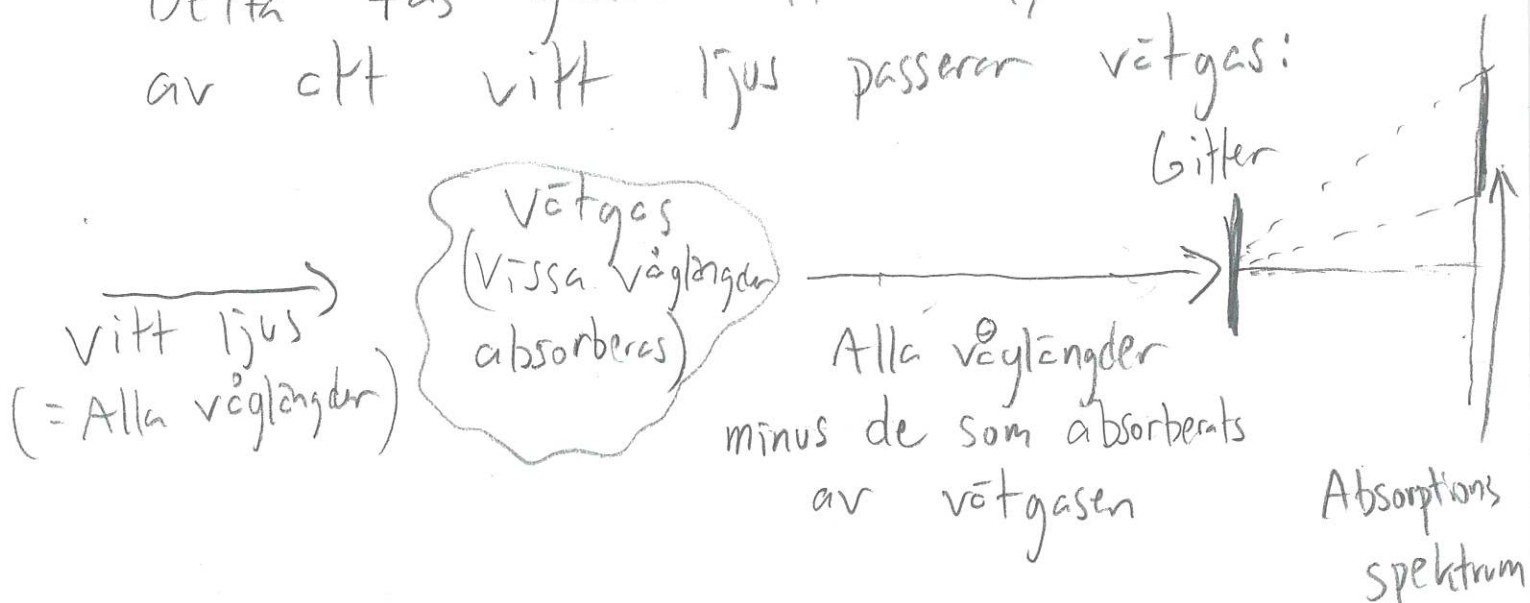
"Öh, Du har ju läst kvantfysik! Kan du förklara vad den här bilden visar, för jag har ingen som helst aning?"

Förklara för kompisen vad bilden visar.

Bilden visar emissionspektret och absorptionspektret för väte.

Emissionspektret visar de våglängder (=färger) som kan emitteras av energinivåerna för väte. (se fråga 2c)

Ett absorptionspektrum är "motsatsen" till emissionspektret, dvs alla andra färger. Detta fås genom att analysera resultatet av ett vitt ljus passerar vätegas:



7. Fotoner med rörelsemängden $6,5 \cdot 10^{-27} \text{ kgm/s}$ skickas in mot en metall.
Från metallen frigörs då elektroner med rörelsemängden $1,3 \cdot 10^{-24} \text{ kgm/s}$.

Undersök om metallen kan frigöra elektroner om man skickar in ljus med våglängden 400 nm .

$$p_{\text{foton}} = \frac{h}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{p_{\text{foton}}} = \frac{h}{6,5 \cdot 10^{-27}} = 102 \text{ nm}$$

$$E_{\text{foton}} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{102 \cdot 10^{-9}} = 1,95 \cdot 10^{-18} \text{ J} \\ (12,17 \text{ eV})$$

Elektronernas rörelseenergi: $p_e = m_e \cdot v_e \Rightarrow 1,3 \cdot 10^{-24} = 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot v$
 $v_e = 1,4 \cdot 10^6 \text{ m/s}$

$$W_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot (1,4 \cdot 10^6)^2}{2} = 0,93 \cdot 10^{-18} \text{ J} \\ (5,79 \text{ eV})$$

Fotoelektrisk effekt: $E_{\text{foton}} = W_k + E_u$

$$\Rightarrow E_u = E_{\text{foton}} - W_k = \\ = 12,17 - 5,79 = 6,38 \text{ eV}$$

Våglängden $400 \text{ nm} \Rightarrow E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{400 \cdot 10^{-9}} = 4,97 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ = 3,10 \text{ eV}$

Eftersom $3,10 \text{ eV} < 6,38 \text{ eV}$ kommer
 (fotonens energi) (utträdesarbetet)
INTE fotoner med $\lambda = 400 \text{ nm}$ att
 frigöra elektroner från metallen