

# Lys, bølger, kvanter og atomer - 08.01.16

## Løsningskisser

### Oppgave 1

Fotoner i UV-lys har bølgelengder mellom 10 og 400 nm.

- a) Regn ut hvilke frekvenser fotonene i UV-lys kan ha.  
 b) Regn ut hvilke energier fotoner i UV-lys kan ha.

$$\text{Formel: } c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda}$$

Største bølgelengde, minste frekvens og energi:

$$\text{Frekvens: } f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{400 \cdot 10^{-9}} \approx 7.50 \cdot 10^{14} \text{ [hz]}$$

$$\text{Energi: } E = hf = 6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 7.5 \cdot 10^{14} \approx 0.497 \text{ [aJ]}$$

Minste bølgelengde, største frekvens og energi:

$$\text{Frekvens: } f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{10 \cdot 10^{-9}} \approx 3.00 \cdot 10^{16} \text{ [hz]}$$

$$\text{Energi: } E = hf = 6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3.0 \cdot 10^{16} \approx 19.9 \text{ [aJ]}$$

### Oppgave 2

Den delen av en høytaler som genererer lydølger er et svingesystem der en membran svinger ut og inn med en viss frekvens.

En høytalermembran svinger med frekvensen  $f = 900 \text{ hz}$ .

- a) Hva er svingetiden til høytalermembranen?

$$\text{Svingetid: } T = \frac{1}{f} = \frac{1}{900} \approx 1.11 \cdot 10^{-3} \text{ [sek]}$$

- b) Hva er perioden til høytalermembranen?

Periode og svingetid er det samme, se a) !

- c) Hva er bølgelengden til lydølgerne som genereres? (Lydfart:  $c = 340 \text{ m/s}$ .)

$$\text{Bølgelengde: } \lambda = \frac{c}{f} = \frac{340}{900} \approx 0.378 \text{ [m]}$$

### Oppgave 3

I et interferensforsøk med gitter bruker vi laserlys med bølgelengde  $\lambda = 640 \text{ nm}$ . Gitteret har 100 linjer per. millimeter.

- a) Regn ut retningen (vinkelen  $\theta_1$ ) for lysmaksimum av første orden.

Spaltebredde:  $d = \frac{0.001}{100} = 10 \text{ } [\mu\text{m}]$

Youngs formel gir første orden:  $\sin \theta_1 = \frac{n\lambda}{d} = \frac{1.640 \cdot 10^{-9}}{10 \cdot 10^{-6}} = 0.064$   
 $\theta_1 = 3.67^\circ$

- b) Interferensmønsteret vises på en vegg som står 5 meter unna gitteret.  
 Hvor langt er det mellom lysmaksimum av nullte og første orden på veggen?

Geometrisk:  $\tan \theta_1 = \frac{a}{L}$

Avstand mellom nullte og første orden på vegg:  
 $a = \tan \theta_1 \cdot L = \tan(3.67^\circ) \cdot 5 \approx 0.321 \text{ [m]}$

#### Oppgave 4

- En UV-lampe har en lyseffekt på 20 Watt. UV-lyset har bølgelengde  $\lambda = 350 \text{ nm}$ .  
 Hvor mange fotoner sendes ut hvert sekund?

Frekvens:  $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{350 \cdot 10^{-9}} \approx 8.57 \cdot 10^{14} \text{ [hz]}$

Energi i ett sekund:  $E = Pt = 20 \cdot 1 = 20 \text{ [J]}$

Energi i ett foton:  $E_f = hf = 6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 8.57 \cdot 10^{14} \approx 5.68 \cdot 10^{-19} \text{ [J]}$

Antall fotoner:  $n = \frac{E}{E_f} = \frac{20}{5.68 \cdot 10^{-19}} \approx 3.52 \cdot 10^{19}$

#### Oppgave 5

Energinivåene i et hydrogenatom i energitilstand  $n$  er som kjent  $E_n = -\frac{2.18}{n^2} \text{ aJ}$ .

- a) Hva er bølgelengde og frekvens for fotoner som sendes ut ved overgang fra tilstand  $n = 4$  til tilstand  $n = 2$ ?

Bohr:  $E_{42} = E_4 - E_2 = -\frac{2.18}{4^2} - (-\frac{2.18}{2^2}) \approx 0.409 \text{ [aJ]}$

Kvantehypotesen gir frekvens:

$$E_{42} = hf \Rightarrow f = \frac{E_{42}}{h} = \frac{0.409 \cdot 10^{-18}}{6.63 \cdot 10^{-34}} \approx 6.17 \cdot 10^{14} \text{ [hz]}$$

Bølgelengde:

$$c = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{6.17 \cdot 10^{14}} \approx 486 \text{ [nm]}$$

- b) Hvor mye energi må til for å løsrive elektronet fra et hydrogenatom i tilstand  $n = 2$ ?

$$E_2 = -\frac{2.18}{2^2} = -0.545 \text{ [aJ]}$$

Frigjøringsenergi:  $E_\infty - E_2 = 0 - (-0.545) = 0.545 \text{ [aJ]}$

- c) Forklar uten regning hvorfor spektrallinjene i Lyman-serien (overganger fra

$n = 2, 3, 4$  osv. ned til  $n = 1$ ) ligger i UV-området.

Sprangene fra  $n = 2, 3, 4, \dots$  ned til  $n = 1$  er større enn sprangene fra  $n = 3, 4, 5, \dots$  ned til  $n = 2$  (synlig lys), så fotonene får større energi og større frekvens enn synlig lys og vil derfor være i UV-området.

### Oppgave 6

Hydrogen har fiolett, blå, grønn og rød linje i sitt emisjonsspekter. Regn ut bølgelengden til den røde linjen.

Rød linje har størst bølgelengde og minst frekvens og energi, så det tilsvarer spranget fra  $n = 3$  til  $n = 2$ :

$$\text{Bohr: } E_{32} = E_3 - E_2 = -\frac{2.18}{3^2} - \left(-\frac{2.18}{2^2}\right) \approx 0.303 \text{ [aJ]}$$

$$\text{Frekvens: } f = \frac{E_{32}}{h} = \frac{0.303 \cdot 10^{-18}}{6.63 \cdot 10^{-34}} \approx 4.57 \cdot 10^{14} \text{ [hz]}$$

$$\text{Bølgelengde: } \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{4.57 \cdot 10^{14}} \approx 656 \text{ [nm]}$$

### Oppgave 7

I forsøket med spektrometer på fagdagen brukte vi interferensformelen  $d \sin \theta_1 = n\lambda$  til å regne ut bølgelengden til den gule spektrallinjen i Natrium.

- a) Hva blir bølgelengden til den gule linjen i Na-spekteret, hvis vi har målt vinklene til førsteordens avbøyninger på hver side av nullte orden til henholdsvis  $367.6^\circ$  og  $347.2^\circ$  på gradskiven til spektrometeret?  
Vi brukte et gitter med 300 linjer/mm, altså  $d = 3.33 \mu\text{m}$ .

$$\theta_1 = \frac{367.6^\circ - 347.2^\circ}{2} = 10.2^\circ$$

$$\text{Bølgelengde: } d \sin \theta_1 = 1 \cdot \lambda \Rightarrow \lambda = 3.33 \cdot 10^{-6} \sin(10.2^\circ) \approx 590 \text{ [nm]}$$

- b) Hvilken vinkel  $\theta_2$  ville du forvente å finne for andreordens avbøyninger?

$$d \sin \theta_2 = 2 \cdot \lambda \Rightarrow \sin \theta_2 = \frac{2 \cdot 590 \cdot 10^{-9}}{3.33 \cdot 10^{-6}} \approx 0.3544$$

$$\text{Andre ordens avbøyning: } \theta_2 \approx 20.8^\circ$$

### Oppgave 8

Svar kort og presist på følgende spørsmål:

- a) Hva er forskjellen på en bølge og en svingning?

En svingning er en periodisk bevegelse i et system.  
En bølge er en svingning som brer seg.

- b) Hvorfor er himmelen blå og solnedgangen rød?

Side 33:

Blått lys har mindre bølgelengde enn rødt lys og spres derfor mer av hindringer (molekyler i luft og støv).  
Fra solnedgangen vil vi derfor se mer rødt lys enn andre farver.

På tørre dager (uten store vannmolekyler) vil vi når vi ser rett opp motta mest reflektert lys, altså blått.

c) Hva er fluorescens og hvordan utnyttes dette i et lysrør?

Side 53:

Fluorescens: Eksiterte elektroner går tilbake til grunntilstanden i flere trinn, og sender derfor ut lys med mindre energi og frekvens enn fotonene som eksiterte elektronene.

I lysrør vil strøm-elektroner eksitere kvikksølvatomer i gassen i lysrøret. Disse sender så ut UV lys, med høy energi og frekvens, når de går tilbake til grunntilstanden. UV-fotonene vil deretter eksitere atomene i det fluorescerende belegget på innsiden av glasset, som igjen sender ut synlig lys.

d) Vi har en vanlig lampe med regulerbar lysstyrke (dimmebryter). Er det antall fotoner eller energien i hvert foton som endres når vi regulerer lysstyrken?

Lyset som sendes ut har en viss farve og visse bølgelengder i den synlige delen av spekteret. Når vi øker lysstyrken, øker vi effekten uten å endre farven på lyset, så det er antallet fotoner som øker, ikke energien i hvert foton. (Da måtte frekvensen endres i henhold til  $E = hf$ .)