

Linköpings Universitet
Institutionen för Fysik, Kemi och Biologi
Avdelningen för Tillämpad Fysik
Mike Andersson

Lösningförslag

Tentamen

Torsdagen den 5:e juni 2008, kl. 08:00 – 12:00

Fysik del B2 för tekniskt basår / teknisk bastermin

BFL 120/ BFL 111

Tentamen består av totalt 6 uppgifter där varje korrekt löst uppgift belönas med 4 poäng, maximal skrivningspoäng är 24.

Hjälpmedel: Miniräknare och valfri formelsamling

Tänk på att:

- Varje inlämnat Lösningsblad skall vara numrerat och märkt med namn och personnummer.
- Endast lösningen till **EN** uppgift får redovisas på varje blad/papper.
- Inlämnade lösningar skall vara renskrivna och läsbara
- Alla lösningar skall vara välmotiverade
- Tänk också på att en figur alltid underlättar Lösningsprocessen samt förståelsen av lösningen.

Jag kommer att finnas till hands under själva tentamenstiden för att svara på frågor angående eventuella oklarheter i problemformuleringarna. Om jag inte skulle finnas på plats kan jag nås på tel. nr. 0762 - 672281 under skrivningstiden.

Lösningförslag kommer att finnas upplagda på kurshemsidan efter skrivningstidens slut.

Betygsgränser:	5	20-24
	4	15-19
	3	10-14

Lycka till! //Mike

1. En stående våg har bildats på en fiolsträng enligt figuren nedan då frekvensen för svängningarna i strängen är 560 Hz. Fiolsträngens längd är 45 cm.

a) Hur hög är vågrörelsens utbredningshastighet i fiolsträngen?

(3p)

Lösningförslag:

Då det är en halv våglängd mellan varje nodpunkt i den stående vågen fås ur figur att det går in två våglängder på fiolsträngens hela längd, d.v.s.

$$2 \cdot \lambda = 0,45 \text{ [m]} \Leftrightarrow \lambda = 0,45/2 = 0,225$$

Utbredningshastigheten fås ur:

$$v = f \cdot \lambda \Rightarrow v = 560 \cdot 0,225 = 126 \text{ [m/s]}$$

Svar: Utbredningshastigheten för vågrörelsen är c:a 130 m/s

Frekvensen ökas långsamt

b) Vid vilken frekvens på svängningen uppkommer nästföljande stående våg?

(1p)

Lösningförslag:

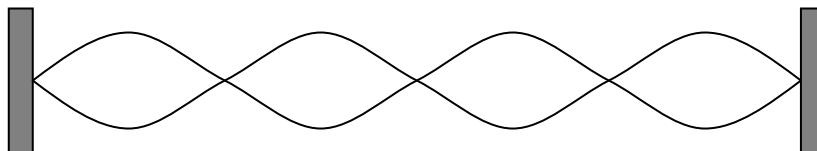
För nästa stående våg gäller att ytterligare en nod bildats på fiolsträngen, d.v.s. det går in ytterligare en halv våglängd på fiolsträngens längd:

$$2,5 \cdot \lambda = 0,45 \text{ [m]} \Leftrightarrow \lambda = 0,45/2,5 = 0,18 \text{ [m]}$$

Eftersom utbredningshastigheten alltid är densamma i ett och samma material under likadana yttre förutsättningar, fås:

$$v = f \cdot \lambda \Leftrightarrow f = v/\lambda \Rightarrow f = 126/0,18 = 700 \text{ [Hz]}$$

Svar: Nästa frekvens för vilken en stående våg uppkommer är 700 Hz



Figur 1

2. Ljus av våglängden 620 nm infaller mot en glasskiva i riktningen 35° mot skivans normal (se figur 2a nedan). Brytningsindex för glasskivan är 1,4

a) Bestäm ljusstrålens riktning mot normalen inne i glasskivan

(3p)

Lösningsförslag:

$$n_{\text{luft}} \cdot \sin i = n_{\text{glas}} \cdot \sin b \Leftrightarrow \sin b = n_{\text{luft}} \cdot \sin i / n_{\text{glas}}$$

$$\sin b = 1 \cdot \sin 35 / 1,4 = 0,41 \Rightarrow b = \arcsin 0,41 = 24^\circ$$

Svar: Ljusstrålens riktning mot normalen inne i skivan är 24°

Ett tunt skikt av en genomskinlig vätska appliceras ovanpå glasskivan enligt figur 2b. Ljusets utbredningshastighet i vätskan är $2,6 \cdot 10^8$ m/s.

b) Vilken riktning mot normalen har nu ljusstrålen inne i glasskivan?

(1p)

Lösningsförslag:

Ljusstrålen kommer nu att brytas först i gränsskiktet mellan luft och vätska och sedan i gränssytan mellan vätskan och glasskivan. Vi får då:

$$\sin b_{\text{vätska}} = n_{\text{luft}} \cdot \sin i_{\text{luft}} / n_{\text{vätska}} \text{ och } \sin b_{\text{glas}} = n_{\text{vätska}} \cdot \sin i_{\text{vätska}} / n_{\text{glas}}$$

Men brytningsindex för vätskan är inte given utan måste först räknas fram från ljusets utbredningshastighet i vätskan enligt:

$$n_{\text{vätska}} = c_{\text{vakuum}} / c_{\text{vätska}} \Rightarrow n_{\text{vätska}} = 2,998 \cdot 10^8 / 2,6 \cdot 10^8 = 1,15$$

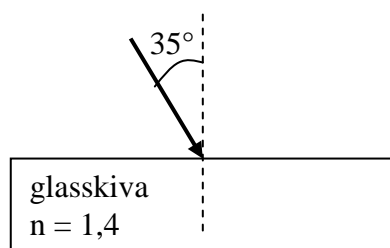
Då fås:

$$\sin b_{\text{vätska}} = 1 \cdot \sin 35 / 1,15 = 0,497$$

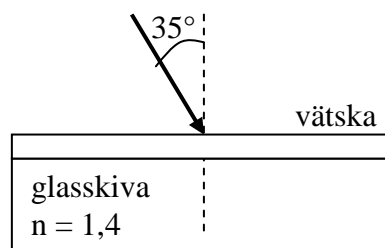
och då $\sin b_{\text{vätska}} = \sin i_{\text{vätska}}$ fås i sin tur

$$\sin b_{\text{glas}} = 1,15 \cdot 0,497 / 1,4 = 0,41 \text{ (d.v.s. samma som i (a))}$$

Svar: Ljusstrålens riktning inne i glasskivan är samma som i (a)



Figur 2a



Figur 2b

3. Ljus av våglängden 530 nm infaller mot ett gitter med ett visst antal spalter per mm. Första ljusmaximum vid sidan av centralmaximum fås i riktningen 21° mot normalen till gittret (se Fig. 3 nedan).

a) Bestäm gitterkonstanten (3p)

Lösningförslag:

Gitterkonstanten kan man få fram från gitterformeln

$$d \cdot \sin \alpha_n = n \cdot \lambda \Leftrightarrow d = n \cdot \lambda / \sin \alpha_n$$

där n anger vilket maximum (för första maximum vid sidan av centralmaximum är $n = 1$)

$$d = 1 \cdot 530 \cdot 10^{-9} / \sin 21 = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ [m]}$$

Svar: Gitterkonstanten är c:a $1,5 \mu\text{m}$

Säg att ljuset som faller in mot gittret ovan består av många olika våglängder.

b) Hur stor är vinkeln mellan de båda riktningarna till första ljusmaximum (vid sidan av centralmaximum) för ljus av våglängden 480 nm respektive 750 nm?

(1p)

Lösningförslag:

För att kunna få fram vinkeln mellan de båda riktningarna räknas först dessa fram enligt:

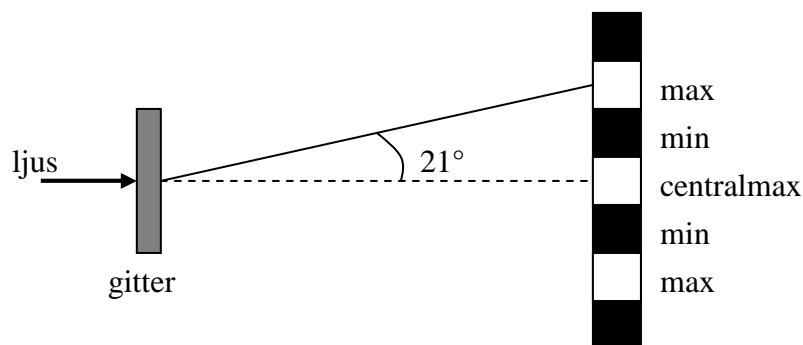
$$1,5 \cdot 10^{-6} \cdot \sin \alpha_{480} = 1 \cdot 480 \cdot 10^{-9} \text{ samt } 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot \sin \alpha_{750} = 1 \cdot 750 \cdot 10^{-9}$$

$$\sin \alpha_{480} = 480 \cdot 10^{-9} / 1,5 \cdot 10^{-6} = 0,32 \Rightarrow \alpha_{480} = 18,9^\circ$$

$$\sin \alpha_{750} = 750 \cdot 10^{-9} / 1,5 \cdot 10^{-6} = 0,5 \Rightarrow \alpha_{750} = 30,5^\circ$$

$$\nu = \alpha_{750} - \alpha_{480} = 30,5 - 18,9 = 11,6^\circ$$

Svar: Vinkeln mellan de båda riktningarna är c:a 12°



Figur 3

4. Metallen wolfram har ett utträdesarbete (utträdesenergi) på 4,55 eV.

a) *Vilka våglängder på det ljus som träffar en bit wolfram kan frigöra elektroner ur metallen?*

(3p)

Lösningsförslag:

Varje ljusfoton har en energi som ges av $E = h \cdot f$. Vidare gäller att ljusets utbredningshastighet ges av $c = f \cdot \lambda$ vilket ger oss följande samband:

$$E = h \cdot c / \lambda \text{ [J]}$$

Denna energi måste då vara större än den energi (räknat i Joule) som krävs för att frigöra elektroner ur wolfram, d.v.s.

$$E = h \cdot c / \lambda > 4,55 \text{ [eV]} = 4,55 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = 7,29 \cdot 10^{-19} \text{ [eV]}$$

$$\lambda < h \cdot c / 7,29 \cdot 10^{-19} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8 / 7,29 \cdot 10^{-19} = 2,73 \cdot 10^{-7} \text{ [m]}$$

Svar: Alla våglängder kortare än 273 nm kan frigöra elektroner ur W

Genom att belägga wolfram-biten med ett tunt lager av litium kan man sänka utträdesarbetet med 1,78 eV.

b) *Hur stor spänning krävs för att bromsa de frigjorda elektronerna till vila om den litium-belagda wolfram-biten belyses med ljus av våglängden 325 nm?*

(1p)

Lösningsförslag:

Energien, räknad i elektronvolt, hos varje foton av våglängden 325 nm ges från:

$$E = h \cdot c / (\lambda \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}) = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8 / (3,25 \cdot 10^{-7} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}) = 3,82 \text{ eV}$$

Den energi som krävs för att frigöra elektroner ur den litium-belagda wolframmetallen ges av:

$$E = 4,55 - 1,78 = 2,77 \text{ [eV]}$$

Resten av energin som elektronerna tar upp från fotonerna (det som inte går åt för att lämna metallen) blir till rörelseenergi hos elektronerna. Elektronerna kan fås att göra sig av med denna energi om de rör sig över en viss spänning (mot mer negativ potential), där energin som går åt ges av $E = q \cdot U$ där U är spänningen och q elementarladdningen. Men detta är också definitionen på enheten elektronvolt, varvid vi får att överskottsenergin $3,82 - 2,77 \text{ eV} = 1,05 \text{ eV}$ är den energi som avges om elektronen förflyttas med fältet över spänningen 1,05 V.

Svar: Spänningen ska vara ca 1 V

5. I en viss elektronkanon accelereras elektroner över en spänning på 50 V.

a) Vilken våglängd kommer de accelererade elektronerna att ha?

(3p)

Lösningförslag:

De accelererade elektronernas rörelseenergi ges av:

$$E_k = q \cdot U \Rightarrow E_k = 1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 50 = 8,01 \cdot 10^{-18} \text{ [J]}$$

Elektronernas våglängd fås ur sambandet:

$p = h/\lambda$, där p är elektronernas rörelsemängd, som också ges av $p = m \cdot v$

Med lite trixande fås:

$$p^2 = m^2 \cdot v^2 \Rightarrow p^2 / (2 \cdot m) = m^2 \cdot v^2 / (2 \cdot m) = E_k \Leftrightarrow p^2 = 2 \cdot m \cdot E_k \Rightarrow p = \sqrt{2 \cdot m \cdot E_k}$$

$$h/\lambda = \sqrt{2 \cdot m \cdot E_k} \Leftrightarrow \lambda = h / \sqrt{2 \cdot m \cdot E_k}$$

$$\lambda = 6,63 \cdot 10^{-34} / \sqrt{2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 8,01 \cdot 10^{-18}} = 1,74 \cdot 10^{-10} \text{ [m]}$$

Svar: Elektronernas våglängd är c:a 1,7 Å

De accelererade elektronerna skickas sedan mot en "gas" av fria atomer av ett visst grundämne. Energinivåerna för elektronerna i de fria atomerna ges i figur 4 nedan. När de accelererade elektronerna krockar med elektroner i de fria atomerna kan energi från de accelererade elektronerna avges till elektronerna i atomerna så att dessa kan övergå (exciteras) till högre energinivåer. När sedan elektronerna trillar ner till lägre energinivåer igen (deexciteras) avges energi i form av ljus.

b) Vilka våglängder kan man observera för det ljus som sänds ut?

Lösningförslag:

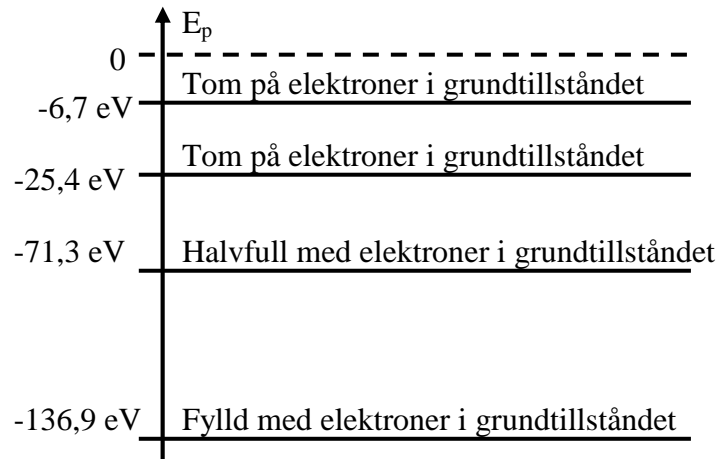
(1p)

Den energi som de accelererade elektronerna har är 50 eV (accelererats över spänningen 50 V). Den enda möjliga övergången blir då från nivån på -71,3 till nivån på -25,4 eV (energigapet är mer än 50 eV både mellan -136,9 och -71,3 eV och mellan -71,3 och -6,7 eV). Då fås att de ljusfotoner som sänds ut när elektroner trillar tillbaka ner till -71,3 eV nivån från -25,4 eV nivån har energin $-25,4 - (-71,3) \text{ [eV]} = 45,9 \text{ eV}$. Detta motsvarar en våglängd enligt nedan:

$$E = h \cdot f = h \cdot c / \lambda \Leftrightarrow$$

$$\lambda = h \cdot c / E = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8 / (45,9 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}) = 2,7 \cdot 10^{-8}$$

Svar: Våglängden på det ljus som sänds ut är 27 nm



6. Man mäter aktiviteten på ett radioaktivt preparat av nukliden ^{109}Rh , som har en halveringstid på 1,34 minuter, som funktion av tiden.

a) *Efter hur lång tid från det att man börjat mäta har aktiviteten sjunkit till 5% av den ursprungliga aktiviteten (aktiviteten när man började mäta)?*

Lösningförslag:

Sönderfallskonstanten kan räknas fram från halveringstiden enligt:

$$\lambda = \ln 2 / T_{1/2} = \ln 2 / 1,34 = 0,517 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

Aktiviteten efter en viss tid t ges genom sambandet:

$$R = R_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

Tiden som förlöper fram till dess att aktiviteten sjunkit till 5% av den ursprungliga kan man räkna fram ur:

$$0,05 \cdot R_0 = R_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Leftrightarrow 0,05 = e^{-0,517 \cdot t} \Leftrightarrow \ln(0,05) = -0,517 \cdot t \Leftrightarrow t = \ln(0,05) / (-0,517) = 5,79$$

Svar: Det tar ca 5,8 minuter

^{109}Rh sönderfaller genom negativt β -sönderfall.

b) *Bestäm vilken nuklid som bildas vid detta sönderfall.*

Lösningförslag:

$^{109}_{45}\text{Rh} \rightarrow ^{109}_{46}\text{Pd} + e^-$ (ty en neutron sönderfaller till en proton och en elektron)

Svar: ^{109}Pd