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

Lösningsförslag

Tentamen

Lördagen den 9:e juni 2007, 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.

Lösningsförslag kommer att finnas upplagda på kurshemsidan efter skrivningstidens slut.

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

Lycka till! //Mike

1. Vågor med raka vågfronter passerar gränsen mellan två olika material (se figur nedan). I materialet som vågorna kommer från är vågornas utbredningshastighet 20 cm/s och våglängden 5,0 cm.

(a) Hur stor är vågornas utbredningshastighet i det andra materialet om vågornas våglängd på andra sidan gränsen är 3,0 cm? (2p)

Lösningsförslag:

Frekvensen ändras INTE då vågorna passerar över gränsen mellan två material. Sambandet $v = f \cdot \lambda$ ger då för vågornas utbredningshastighet v_2 i det andra materialet:

$$v_1 = f \cdot \lambda_1 \;\Leftrightarrow\; f = v_1/\lambda_1$$

$$v_2 = f \cdot \lambda_2 \;\Leftrightarrow\; v_2 = v_1 \cdot \lambda_2/\lambda_1 \;\Rightarrow\; v_2 = 20 \cdot 3{,}0/5{,}0 = 12 \text{ [cm/s]}$$

Svar: Vågornas utbredningshastighet i det andra materialet är 12 cm/s

(b) Om infallsvinkeln *i* för vågorna är 40º hur stor är då brytningsvinkeln *b*?

(2p)

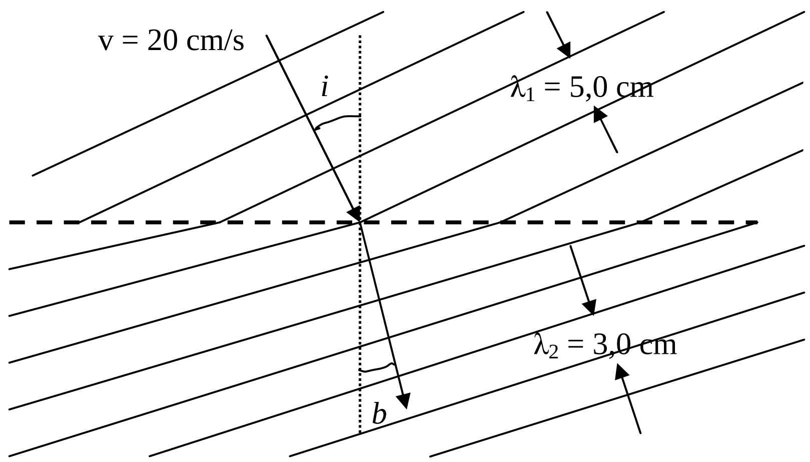
Lösningsförslag:

Brytningslagen för vågor säger att:

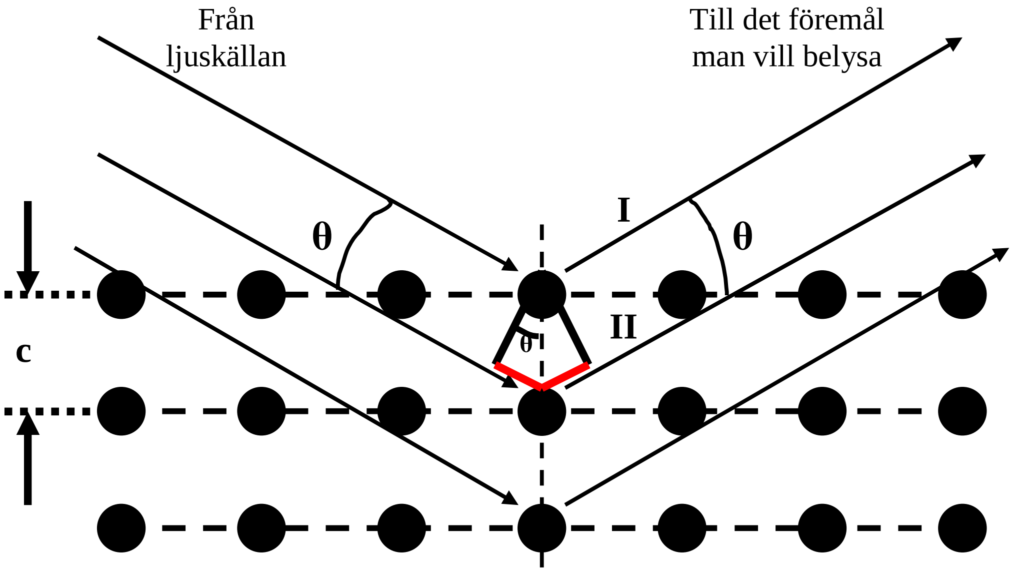
$$\sin i / \sin b = v_1/v_2 = \lambda_1/\lambda_2 \;\Rightarrow$$

$$\sin b = (\sin i) \cdot v_2/v_1 \;\Rightarrow\; \sin b = (\sin 40) \cdot 12/20 = 0{,}3857 \;\Rightarrow\; b = 22{,}686^\circ$$

Svar: Brytningsvinkeln är c:a 23º



2. Atomplanen fungerar som ”halvgenomskinliga speglar” så att delar av ljusstrålen reflekteras i vart och ett av planen (se figur på nästa sida). Säg att avståndet c mellan atomplanen är $6,35 \cdot 10^{-10}$ m. I vilken/ vilka riktning(ar) θ från kristallytan fås ljusmaximumom man belyser kristallen med ljus av våglängden $8,34 \cdot 10^{-10}$ m?



Lösningsförslag:

Den extra väg som ”våg II” får färdas från ljuskällan i jämförelse med ”våg I” utgörs av den rödmarkerade sträckan i figuren. Om denna sträcka är precis ett helt antal våglängder kommer vågorna att vara i fas då de träffar på varandra efter kristallen, d.v.s. ljusstyrkan kommer att vara hög precis i den riktningen – θ – mot kristallens yta. Längden på den rödmarkerade sträckan beror på θ enligt:

$$x = 2 \cdot c \cdot \sin\theta$$

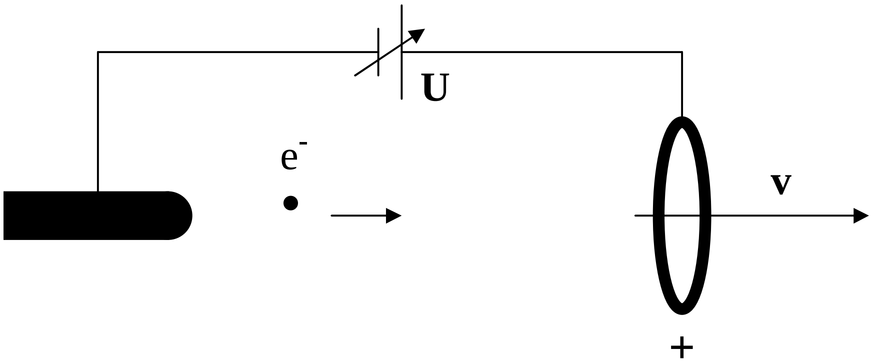
men $x = n \cdot \lambda$, n = heltal (0,1,2,3, …) måste också gälla

För n = 1 får vi då:

$$2 \cdot c \cdot \sin\theta = 1 \cdot \lambda \Leftrightarrow \sin\theta = \lambda/(2 \cdot c) = 8,34/(2 \cdot 6,35) = 0,6567 \Rightarrow \theta = 41,0481^{\circ}$$

Svar: Ljusmaximum fås i 41° riktning mot kristallytan. Något mer ljusmaximum fås ej

3. Elektroner frigörs från en metallpinne (katoden) genom värmning och accelereras sedan mot en positivt laddad metallring (anoden) genom att de negativt laddade elektronerna attraheras av den positiva laddningen. Hur stor ska spänningen mellan metallpinnen och metallringen vara för att man ska få en stråle av elektroner med våglängden
$2 \cdot 10^{-10}$ m?



Lösningsförslag:

Elektronernas våglängd beror på deras rörelsemängd enligt:

$$p = h/\lambda$$

Elektronernas rörelsemängd ges också av:

$$p = m \cdot v$$

Elektronernas rörelseenergi fås från:

$$E_k = m \cdot v^2/2 = m \cdot m \cdot v \cdot v/(2 \cdot m) = p \cdot p/(2 \cdot m) = p^2/(2m) = h^2/(2m\lambda^2)$$

Den rörelseenergi elektronerna får efter att ha accelererats över spänningen U ges av:

$E_k = q \cdot U$, där q är elektronens laddning i Coulomb

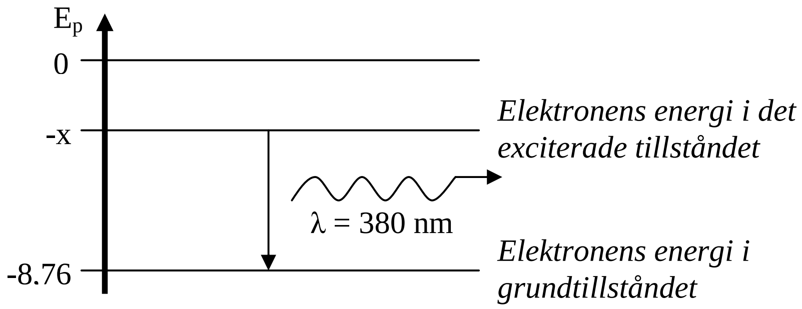
Vi får alltså:

$$q \cdot U = h^2/(2m\lambda^2) \;\Leftrightarrow\; U = h^2/(2m\lambda^2 q) = (6{,}63 \cdot 10^{-34})^2/(2 \cdot 9{,}11 \cdot 10^{-31} \cdot (2 \cdot 10^{-10})^2 \cdot 1{,}60 \cdot 10^{-19})$$

$$U = 37{,}7 \text{ V}$$

Svar: Spänningen ska vara c:a 38 V

4. En av elektronerna i en atom har exciterats till en högre energinivå. I grundtillståndet för atomen har elektronen energin –8,76 eV. Då elektronen återgår till samma energinivå som före excitationen utsänds ljus av våglängden 380 nm, se också figur.



(a) Vilken är elektronens energi i det exciterade tillståndet?

(2p)

Lösningsförslag:

Vi vet att energin hos det ljus (den foton) som sänds ut ges av $E_{foton} = h \cdot f$ och genom sambandet $c = f \cdot \lambda$ vet vi också att energin kan bestämmas från $E_{foton} = h \cdot c/\lambda$, där E_{foton} då fås i enheten joule [J]. Denna energi måste vara lika stor som den energi elektronen förlorar då den återgår till nivån för grundtillståndet – ΔE.

$$\Delta E = -x - (-8{,}76) = 8{,}76 - x \text{ [eV]} = (8{,}76 - x) \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19} \text{ [J]}$$

$$E_{foton} = \Delta E \implies h \cdot c/\lambda = (8{,}76 - x) \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}$$

$$x = 8{,}76 - 6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 2{,}998 \cdot 10^{8}/(3{,}80 \cdot 10^{-7} \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}) = 5{,}49 \text{ [eV]}$$

Svar: Elektronens energi i det exciterade tillståndet är –5,49 eV

(b) Om man istället låter ljus infalla mot atomen i sitt grundtillstånd, vilka våglängder på ljuset kan ge upphov till en jonisering av atomen?

(2p)

Lösningsförslag:

Ljusets energi (Fotonernas energi) måste vara större än joniseringsenergin, d.v.s. större än 8,76 eV:

$$E_{foton} > 8{,}76 \text{ eV} = 8{,}76 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19} \text{ J} \;\Leftrightarrow$$

$$h \cdot c/\lambda > 8{,}76 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19} \;\Leftrightarrow\; \lambda < h \cdot c/(8{,}76 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}) \text{ [m]}$$

$$\lambda < 6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 2{,}998 \cdot 10^{8}/(8{,}76 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}) = 1{,}416 \cdot 10^{-7} \text{ [m]}$$

Svar: Alla våglängder kortare än c:a 141 nm

5. Säg att man skulle kunna dela en atom av tenn-120 (^{120}Sn) i två stycken atomer av mangan-60 (^{60}Mn). Atomvikten för ^{120}Sn är 119,9022 u och för ^{60}Mn 59,9433 u.

(a) Hur mycket energi skulle frigöras vid delningen av en ^{120}Sn-atom?

(2p)

Lösningsförslag:

Vid delningen av en ^{120}Sn-atom i två ^{60}Mn-atomer försvinner en viss mängd massa enligt:

$$m = 119{,}9022 - 2 \cdot 59{,}9433 \text{ [u]} = 0{,}0156 \text{ [u]} = 0{,}0156 \cdot 1{,}66054 \cdot 10^{-27} \text{ [kg]} = 2{,}5904424 \cdot 10^{-29} \text{ [kg]}$$

Förintelsen av denna mängd massa motsvarar frigörelsen av en viss mängd energi enligt

$$E = m \cdot c^2 = 2{,}5904424 \cdot 10^{-29} \cdot (2{,}998 \cdot 10^{8})^2 = 2{,}3283 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

Svar: Det skulle frigöras c:a $2{,}33 \cdot 10^{-12}$ J (eller 14,5 MeV)

(b) Om man skulle kunna bygga ett kärnkraftverk som utnyttjar den här delningen ($^{120}Sn \rightarrow 2\ ^{60}Mn$) hur stor mängd ^{120}Sn förbrukas per dygn om medeleffekten för detta kärnkraftverk är lika stor som från Ringhals 1, d.v.s. 830 MW. Antag att verkningsgraden (andel kärnenergi som omvandlas till elenergi) är 67%.

(2p)

Lösningsförslag:

Effekt är detsamma som omvandlad energi (i detta fall massa till elenergi) per tidsenhet (Enheten Watt motsvarar Joule per sekund [J/s]). Så om man får ut 830 MW elenergi, betyder det att man får $830 \cdot 10^6$ J elenergi per sekund. En del av kärnenergin (massan) omvandlas dock till bl.a. värme så endast 67% av energin som frigörs då en viss mängd massa förintas blir till elenergi. Så om $830 \cdot 10^6$ J elenergi fås per sekund, måste $830 \cdot 10^6/0,67$ J kärnenergi ha frigjorts per sekund. Under ett dygn frigörs då

$$(830 \cdot 10^6/0,67) \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \text{ [J]} = 1,07 \cdot 10^{14} \text{ J kärnenergi}$$

Denna energi motsvarar ett sönderfall av $1,07 \cdot 10^{14}/2,33 \cdot 10^{-12} = 4,59 \cdot 10^{25}$ stycken ^{120}Sn-atomer

Var och en av dessa väger $119,9022 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27}$ kg

För den totala massan får vi alltså:

$$m = 4,59 \cdot 10^{25} \cdot 119,9022 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ [kg]} = 9,13 \text{ kg}$$

Svar: C:a 9,1 kg rent tenn-120 kommer att förbrukas.

6. Vid Tjernobylolyckan för nästan exakt 21 år sedan (26:e april 1986) spreds bl.a. den radioaktiva isotopen ^{137}Cs (Cesium-137) m.h.a. vinden över stora delar av norra Europa. Hur stor andel av den mängd ^{137}Cs som via regn föll ned på olika platser finns kvar än idag? Cesium-137 har en halveringstid på 30,2 år.

Lösningsförslag:

Sönderfallskonstanten λ ges av

$\lambda = \ln 2/T_{½}$ där $T_{½}$ är halveringstiden

$$\lambda = \ln 2/30,2$$

Om N är det som finns kvar och N_0 den mängd som fanns från början gäller efter 30,2 år

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = N_0 \cdot e^{-(\ln 2/30,2) \cdot 21} = N_0 \cdot 0,618$$

Svar: Det finns c:a 62% av den ursprungliga mängden kvar