

F0005T-2025-05-22

19 okt. 2026, 16 min läsning

UTKAST

#tenta #fysik #vågrörelse #modern-fysik

Kurs: F0005T — Fysik 2 **Datum:** 2025-05-22 **Examinator:** Erik Olsson **Källa:** [originaltentamen](#) · [lärarens lösningar](#) **Hjälpmedel:** miniräknare och Fysika. 6 uppgifter, 18 poäng; betyg 3 vid 9 p, 4 vid 12,5 p och 5 vid 15,5 p.

Översikt

VÅG (uppgift 1–3):

- harmonisk våg ur två punkters acceleration och hastighet: riktning, λ , f , amplitud och faskonstant (1), en spegelvänd variant av [mars 2024](#) uppgift 1
- två slutna pipor: svävning och dopplereffekt (2)
- dubbelspalt: gångvägsskillnad, diffraktionsminimum och kvoten b/d (3)

MOF (uppgift 4–6):

- Bohrs modell för väte: omloppstid och antal de Broglie-våglängder per varv (4)
- röntgenspektrum från platina och guld, och konstanten i Moseleys lag (5)
- comptonspredning: elektronens rörelsemängd efter stöten (6)

Så använder du sidan

Försök själv först, med Fysika framme som på tentan. Ledtråd 1 säger vilken sorts uppgift det är och var den står i Fysika, ledtråd 2 (inuti ledtråd 1) ger modellen och ledtråd 3 (inuti ledtråd 2) nyckelsteget eller fällan. **Lösning** är lärarens lösning med förklaringar mellan stegen; varje formel och tabellvärde har sin Fysika-kod. Där läraren bara gett svaret (seminarieuppgifter) är lösningsgången egen och svaret kontrollerat mot lärarens. Figurerna är interaktiva: håll muspekaren över kurvorna för exakta värden, och dra i reglagen där sådana finns.

1. Två punkter på en sträng, åt andra hållet

En transversell harmonisk våg propagerar längs en sträng som är utsträckt i x -riktning. Vid en tidpunkt $t = 0$ har en punkt A maximal acceleration, $|a| = 394,8 \text{ m/s}^2$, i negativ y -riktning. Vid samma tidpunkt har en annan punkt B lokaliserad 180 mm i negativ x -riktning från punkt A maximal hastighet, $v = 3,142 \text{ m/s}$ i positiv y -riktning. Avståndet mellan A och B är mindre än en våglängd, men längre än en halv våglängd.

- I vilken riktning propagerar vågen. Motivera ditt svar med hjälp av en figur. (0,5p)
- Bestäm vågens våglängd, frekvens och amplitud. (1,5p)
- Hur lång tid tar det innan punkt B har maximal acceleration i positiv y -riktning? (0,5p)
- Låt vågen beskrivas med en $\sin$ -funktion och punkten A vara lokaliserad vid x -koordinaten $40,0 \text{ mm}$. Bestäm faskonstanten. (0,5p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Harmonisk våg, Fashastighet och partikelhastighet och Fas och faskonstant. Fysika: Fc1
(harmonisk våg, partikelhastighet, $k = 2\pi/\lambda$, $\omega = 2\pi f$).

Ledtråd 2

Accelerationen är $-\omega^2 y$, så A ligger i en topp. B har största fart och ligger alltså i jämviktsläget. Amplituderna är $a_{\max} = A\omega^2$ och $v_{\max} = A\omega$.

Ledtråd 3

Mellan en topp och ett jämviktsläge är avståndet $\lambda/4$ eller $3\lambda/4$ (plus hela våglängder). Villkoret "mellan en halv och en hel våglängd" väljer $3\lambda/4$. Rita vågen och se på vilken sluttning B ligger, och om den går upp eller ner.

Lösning

Läraren går igenom uppgiften på seminarium 1 och ger bara svaren på b–d i facit, så lösningsgången nedan är egen.

a) En punkt i en harmonisk våg har accelerationen $-\omega^2 y$, så största acceleration nedåt har en punkt i en **topp**: A ligger i en topp. Största fart har en punkt i **jämviktsläget**: där ligger B . Mellan en topp och närmaste jämviktslägen är avståndet $\lambda/4$, och nästa möjlighet är $3\lambda/4$. Eftersom avståndet ska vara mellan en halv och en hel våglängd är $AB = 3\lambda/4$.

Gå $3\lambda/4$ åt vänster från toppen A : först en kvarts våglängd ner till jämviktsläget, sedan ner i dalen och upp till jämviktsläget igen. B ligger alltså på en sluttning som sjunker åt höger, ner mot dalen till höger om sig (se figuren nedan, $t = 0$). Om B rör sig **uppåt** måste toppen till vänster om B vara på väg mot B , så vågformen flyttar sig åt höger.

Svar: vågen propagerar i **positiv x-riktning**.

b) Avståndet AB är tre kvarts våglängd:

$$\frac{3\lambda}{4} = 180 \text{ mm} \Rightarrow \lambda = 240 \text{ mm}$$

Kvoten mellan accelerationens och hastighetens amplitud ger vinkelfrekvensen:

$$\omega = \frac{a_{\max}}{v_{\max}} = \frac{394,8}{3,142} = 125,65 \text{ rad/s} \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = 20,00 \text{ Hz}$$

Fysika: Fc1 (partikelhastighet $v_p = ds/dt$, $\omega = 2\pi f$)

Amplituden:

$$A = \frac{v_{\max}}{\omega} = \frac{3,142}{125,65} = 25,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Svar: $\lambda = 240 \text{ mm}$, $f = 20,0 \text{ Hz}$ och $A = 25,0 \text{ mm}$

c) B har maximal acceleration uppåt i en **dal**. Från jämviktsläget på väg uppåt når B toppen efter $T/4$, jämviktsläget efter $T/2$ och dalen efter $3T/4$:

$$t = \frac{3T}{4} = \frac{3}{4f} = \frac{3}{4 \cdot 20,0} = 37,5 \text{ ms}$$

Fysika: Fc1 ($T = 1/f$)

Svar: $t = 37,5 \text{ ms}$

d) En våg i positiv x-riktning skrivs

$$y = A \sin(kx - \omega t + \alpha)$$

Fysika: Fc1 (propagerande harmonisk våg; Fysika skriver $s = a \cos(\omega t \pm kx + \delta)$, och med sinus ändras bara faskonstantens värde)

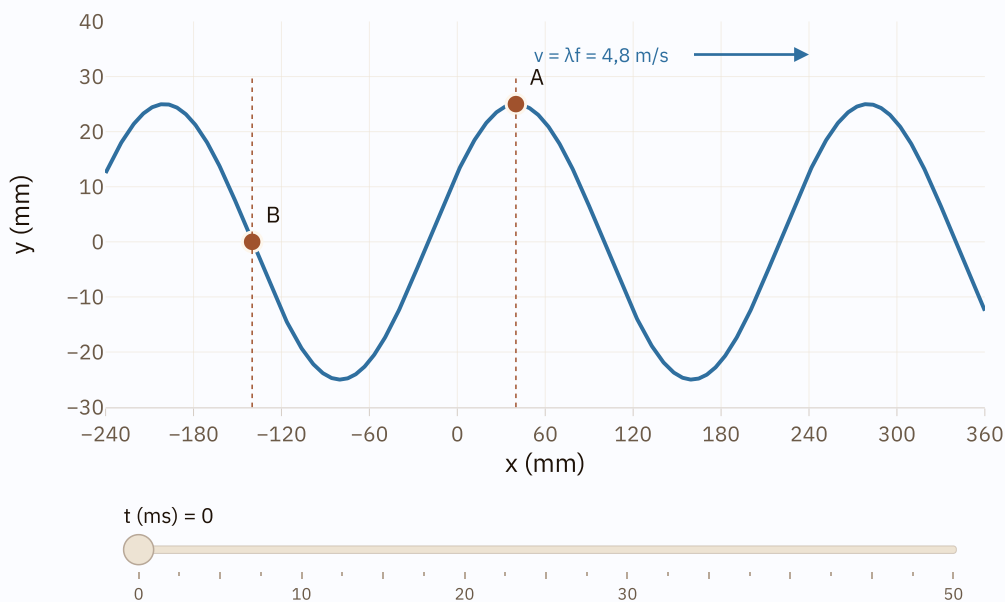
Vid $t = 0$ ligger toppen A vid $x = 40,0 \text{ mm}$, där $\sin(\dots) = 1$:

$$\frac{2\pi}{240} \cdot 40 + \alpha = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{6}$$

Kontroll med B vid $x = -140 \text{ mm}$: fasen är $-7\pi/6 + \pi/6 = -\pi$, så $y = 0$, och $\partial y / \partial t = -A\omega \cos(-\pi) = +A\omega$, största fart uppåt.

Svar: $\alpha = \frac{\pi}{6}$

Dra i reglaget: vågen vandrar åt höger och B går först uppåt. Vid $t = 37,5 \text{ ms}$ ligger en dal vid B .



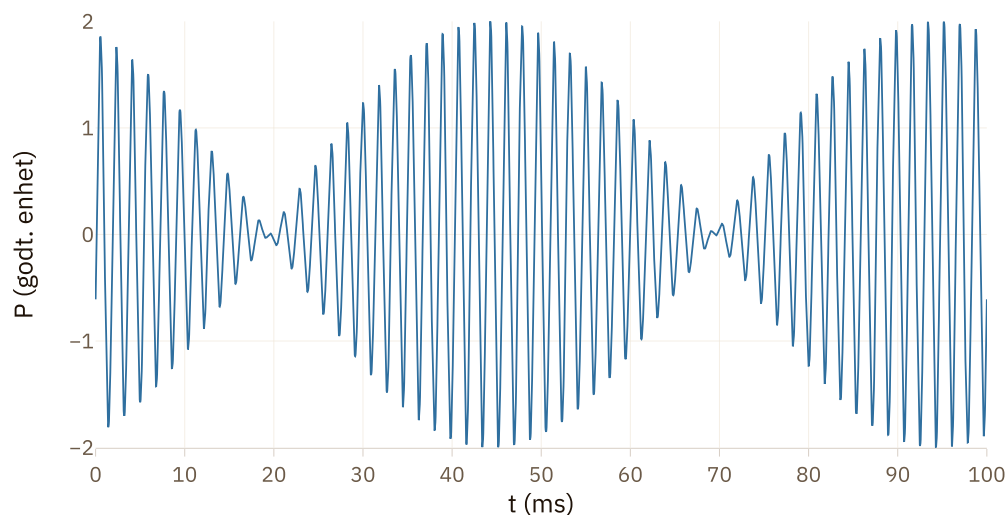
Jämför med mars 2024

I mars 2024 uppgift 1 ligger B 60 mm till höger om A och rör sig nedåt. Det är samma fasläge som här ($60 = 240 - 180$), men med motsatt rörelse, och därför går vågen åt andra hållet. Våglängd, frekvens, amplitud, tid och faskonstant blir desamma.

Svaret kontrollerat mot facit; lösningsgången är egen. Facit ger inget svar på a.

2. Två slutna pipor och en mikrofon

Stående vågor (grundmoden) genereras i två pipor, bägge slutna i ena änden och öppna i den andra men med olika längder. Dom resulterande tryckvariationerna mäts med en mikrofon och resultatet ses i figuren nedan.



- a) Ljudhastigheten är 341 m/s och den längre pipan är 155 mm. Hur lång är den korta pipan? (1,5p)
- b) Hur snabbt och i vilken riktning relativt mikrofonen ska den längre pipan förflyttas för att ingen svävning ska uppstå? (1,5p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Stående vågor i pipor, Svävning och Dopplereffekt. Fysika: $Fc1$ ($v = f\lambda$), $Fc1a$ (stående våg, svävningsfrekvens) och $Fc2$ (dopplereffekten hos ljud).

Ledtråd 2

En pipa som är sluten i ena änden har en nod i den slutna och en buk i den öppna änden: grundmoden rymmer en kvarts våglängd, $\lambda = 4L$. Svävningsperioden läses av i figuren, och $f_{sv} = |f_1 - f_2|$.

Ledtråd 3

Den kortare pipan har den högre tonen. För b ska den längre pipans ton höjas till den kortares: källan måste röra sig **mot** mikrofonen.

Lösning

a) I figuren är periodtiden för svävningen $\Delta t = 50 \text{ ms}$ (signalen dör ut vid cirka 19 och 69 ms). Då är svävningsfrekvensen

$$f_{sv} = \frac{1}{\Delta t} = \frac{1}{0,05} = 20 \text{ Hz}$$

Fysika: Fc1a (svävningsfrekvens $f_{sv} = |f_1 - f_2|$)

Den långa pipans frekvens får vi ur våglängden. Grundmoden i en pipa som är sluten i ena änden rymmer en kvarts våglängd:

$$\lambda_1 = 4L_1 \Rightarrow f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{4L_1} = \frac{341}{4 \cdot 0,155} = 550 \text{ Hz}$$

Fysika: Fc1 ($v = f \cdot \lambda$), Fc1a (stående våg i en dimension). Att förskjutningen har en nod vid den slutna änden och en buk vid den öppna står inte i Fysika.

Den kortare pipan har högre frekvens:

$$f_2 = f_1 + f_{sv} = 550 + 20 = 570 \text{ Hz}$$

Piplängden blir då

$$L_2 = \frac{v}{4f_2} = \frac{341}{4 \cdot 570} = 0,1496 \text{ m}$$

Svar: $L_2 \approx 0,150 \text{ m} = 150 \text{ mm}$

b) Frekvensen från den längre pipan ska vara 570 Hz för att ingen svävning ska uppstå. Eftersom frekvensen ska öka måste pipan röra sig **mot** mikrofonen. Mikrofonen står still, $v_m = 0$:

$$f = f_1 \frac{v - v_m}{v - v_s} = f_1 \frac{v}{v - v_s} \Rightarrow \frac{v - v_s}{v} = \frac{f_1}{f}$$

$$\Rightarrow v_s = v \left(1 - \frac{f_1}{f}\right) = 341 \left(1 - \frac{550}{570}\right) = 11,96 \text{ m/s}$$

Fysika: Fc2 (dopplereffekten hos ljud; v_s positiv om källan rör sig mot mottagaren)

Svar: $v_s \approx 12 \text{ m/s}$ **mot** mikrofonen.

Kontrollerat mot facit.

3. Dubbelspalten: vad ekvationerna betyder

Laserljus med våglängden 532 nm träffar en dubbelspalt med spaltavståndet d och spaltbredden b .

a) I fysika finns följande ekvation för interferensmaxima.

$$d \sin \theta = m\lambda$$

Förklara med både ord och en figur vad vänsterledet i ekvationen står för, och vilken approximation som ligger bakom. (0,5p)

b) Följande ekvation för diffraktionsminima finns på samma sida i Fysika.

$$b \sin \theta = m\lambda$$

Förklara med både ord och en figur hur det kan bli ett minima om högerledet är 2λ . (1p)

c) Ljusbilden studeras på en skärm 3,20 meter bakom dubbelspalten. Det går att observera att 4:e interferensminima sammanfaller med 1:a diffraktionsminima. Beräkna kvoten b/d . (1,5p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Dubbelspaltexperimentet, Fraunhoferdiffraktion och Diffraction. Fysika: Fc5 (dubbelspalt: interferensmaxima och diffraktionsminima).

Ledtråd 2

Om skärmen är långt bort är strålarna från olika punkter i spalterna nästan parallella, och skillnaden i gångväg mellan två strålar som startar avståndet s isär är $s \sin \theta$. Interferensminima hamnar där gångvägsskillnaden mellan spalterna är ett udda antal halva våglängder.

Ledtråd 3

För b: dela spalten i fyra lika delar och para ihop strålar som ligger $b/4$ isär. För c: det första interferensminimumet har $d \sin \theta = \lambda/2$, det fjärde $7\lambda/2$. Avståndet till skärmen behövs inte.

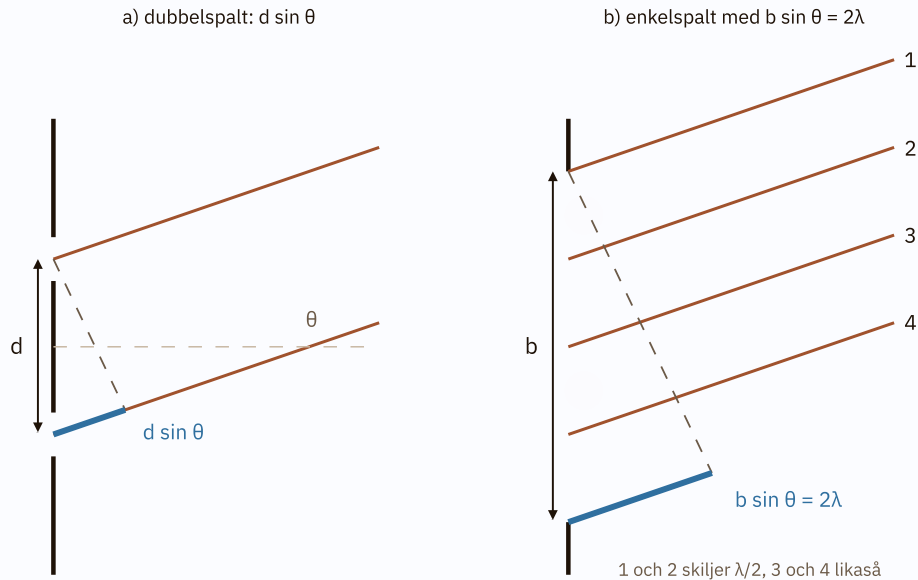
Lösning

a) $d \sin \theta$ är skillnaden i gångväg för vågorna från de två spaltöppningarna. Uttrycket gäller då avståndet till skärmen är stort och strålarna kan approximeras vara parallella (Fraunhoferdiffraktion): då är den streckade linjen i figuren vinkelrät mot båda strålarna, och från den linjen och ut till skärmen är vägarna lika långa.

Fysika: Fc5 (dubbelspalt, interferensmaxima $d \sin \theta = m\lambda$)

b) $b \sin \theta$ är skillnaden i gångväg mellan randstrålarna, från spaltens över- och underkant. Om den skillnaden är 2λ är skillnaden mellan översta strålen och den i mitten 1λ , och skillnaden mellan randstrålen och den stråle som utgår från en punkt $b/4$ längre ner $0,5\lambda$. Det innebär att för varje stråle i den första fjärdedelen av öppningen finns det en stråle i den andra fjärdedelen som är helt ur fas med den, så de släcker ut varandra parvis. Detsamma gäller de nedre två fjärdedelarna av spaltöppningen. Hela spalten ger alltså ingenting i den riktningen: ett minimum.

Fysika: Fc5 (diffraktionsminima $b \sin \theta = m\lambda$)



c) Första diffraktionsminimum ($m = 1$):

$$b \sin \theta = m\lambda \Rightarrow b = \frac{\lambda}{\sin \theta}$$

Fysika: Fc5 (diffraktionsminima)

Interferensminima ligger där gångvägsskillnaden är ett udda antal halva våglängder. Det fjärde interferensminimumet ($p = 3$, räknat från $p = 0$):

$$d \sin \theta = (2p + 1) \frac{\lambda}{2} \Rightarrow d = \frac{7}{2} \frac{\lambda}{\sin \theta}$$

Fysika: Fc5 (dubbelspalt, $I \propto \cos^2(kd \sin \theta/2)$, som är noll när $kd \sin \theta/2 = (2p + 1)\pi/2$)

Kvoten blir då

$$\frac{b}{d} = \frac{2}{7}$$

Svar: $b/d = 2/7 \approx 0,286$

❗ Varför behövs inte skärmavståndet och våglängden?

Båda villkoren gäller i **samma** riktning θ , så $\sin \theta$ och λ förkortas bort i kvoten. Skärmavståndet 3,20 m och 532 nm skulle bara behövas om man ville veta var på skärmen minimumet ligger.

Kontrollerat mot facit.

4. Ett varv i Bohrs väteatom

I Bohrs modell för väte cirkulerar elektronen runt protonen i olika orbital n . Gravitationskraften mellan protonen och elektronen kan försummas då den är väldigt svag i jämförelse med Coulombkraften.

- Beräkna hur lång tid det tar för elektronen att färdas ett varv runt protonen i det 3:e orbitalet. (2p)
- Beräkna kvoten mellan banans omkrets och elektronens de Broglie våglängd för det 3:e orbitalet. (1p)

Totalpoäng: 3

🔗 Ledtråd 1

Bohrs modell för väteatomen och De Broglie-våglängd. Fysika: Fe1 (Coulombs lag), Fb4 (cirkelrörelse, $a_n = v^2/r$), Fd3 (banradie r_n , de Broglie-våglängden) och Te (ϵ_0 , h , e , m_e).

🔗 Ledtråd 2

Coulombkraften är centripetalkraften: $e^2/(4\pi\epsilon_0 r^2) = mv^2/r$ ger farten i banan. Banradien $r_n = h^2\epsilon_0 n^2/(\pi m_e e^2)$ står i Fysika. Omloppstiden är $T = 2\pi r/v$.

🔗 Ledtråd 3

“Det 3:e orbitalet” är $n = 3$. I b: $\lambda = h/(mv)$, och svaret blir ett heltal. Det är just Bohrs villkor sett som en stående våg runt banan.

 Lösning

a) Coulombkraften mellan protonen och elektronen:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n^2}$$

Fysika: Fe1 (Coulombs lag)

Vid cirkelrörelse är accelerationen riktad in mot centrum:

$$a = \frac{v_n^2}{r_n}$$

Fysika: Fb4 (naturliga koordinater, $a_n = v^2/r$)

Vi sätter ihop dem med Newtons andra lag och löser ut farten:

$$\begin{aligned} F = ma &\Rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n^2} = \frac{mv_n^2}{r_n} \\ &\Rightarrow v_n = \sqrt{\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_n m}} \end{aligned}$$

Fysika: Fb1 (Newtons andra lag)

Tiden det tar att färdas ett varv:

$$T = \frac{2\pi r_n}{v_n} = 2\pi r_n \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 r_n m}{e^2}} = \sqrt{\frac{16\pi^3 \epsilon_0 r_n^3 m}{e^2}}$$

Vi använder uttrycket för radien från Fysika, $r_n = h^2 \epsilon_0 n^2 / (\pi m e^2)$:

$$\begin{aligned} T &= \sqrt{\frac{16\pi^3 \epsilon_0 m}{e^2} \cdot \frac{h^6 \epsilon_0^3 n^6}{\pi^3 m^3 e^6}} = \frac{4\epsilon_0^2 h^3 n^3}{e^4 m} \\ &= \frac{4 \cdot (8,8542 \cdot 10^{-12})^2 \cdot (6,62607 \cdot 10^{-34})^3 \cdot 27}{(1,60218 \cdot 10^{-19})^4 \cdot 9,10938 \cdot 10^{-31}} \\ &= 4,104 \cdot 10^{-15} \text{ s} \end{aligned}$$

Fysika: Fd3 (banradie i bana n för väte), Te (ϵ_0 , h , e , m_e)

Svar: $T \approx 4,10 \cdot 10^{-15} \text{ s}$

b) Med $\lambda = h/(mv_n)$ blir kvoten

$$\begin{aligned} \frac{2\pi r_n}{\lambda} &= \frac{2\pi r_n m v_n}{h} = \frac{2\pi}{h} \sqrt{\frac{m r_n e^2}{4\pi\epsilon_0}} \\ &= \frac{2\pi}{h} \sqrt{\frac{m e^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{h^2 \epsilon_0 n^2}{\pi m e^2}} = n \end{aligned}$$

Fysika: Fd3 (de Broglie-våglängden, banradie)

Svar: 3

Varför blir det ett heltal?

Kvoten $2\pi r_n/\lambda = n$ är samma sak som Bohrs kvantvillkor $mvr = n\hbar$. De Broglie gav villkoret en bild: elektronens våg måste gå jämnt ut runt banan, som en stående våg på en ring, annars släcker den ut sig själv.

Kontrollerat mot facit. Facit har samma uttryck $T = 4\epsilon_0^2 h^3 n^3 / (e^4 m)$ men svarar $4,145 \cdot 10^{-15} \text{ s}$; insatt ger uttrycket $4,104 \cdot 10^{-15} \text{ s}$ (samma som n^3 gånger omloppstiden $1,52 \cdot 10^{-16} \text{ s}$ i grundtillståndet), så facits siffervärde är ett räknefel.

5. Platina, guld och konstanten i Moseleys lag

Elektroner accelereras genom en spänning på 85 kV mot ett prov i syftet att undersöka förekomsten av platina i provet.

- Vilken är den kortaste våglängden i bromsstrålningen? (0,5p)
- Om det skulle finnas platina i provet, vid vilken våglängd i röntgenspektrumet skulle K_β toppen för platina dyka upp? (0,5p)
- Om provet innehöll guld, skulle det då synas i röntgenspektrumet? Motivera ditt svar. (0,5p)

d) Utgå från Bohrs modell för väteliknande system och härled fram värdet på konstanten a i Moseleys lag. (1,5p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Röntgenstrålning, Bromsstrålning och Moseleys lag. Fysika: Fd3 (gränsvåglängd, fotonenergi, Moseleys lag, energinivåer för väteliknande system), T k1 (bindningsenergies för Pt och Au) och Te (E_H).

Ledtråd 2

$\lambda_{\min} = hc/(eU)$. K_β är övergången $M \rightarrow K$, med fotonenergin $E_K - E_M$. För att ett grundämnes K -linjer ska synas måste elektronerna kunna slå ut en K -elektron.

Ledtråd 3

För d: en L -elektron som faller till K -skalet ser kärnladdningen skärmad av den kvarvarande K -elektronen, alltså $Z - 1$. Använd $E_n = -E_H(Z - 1)^2/n^2$ för övergången $2 \rightarrow 1$ och jämför med $\lambda^{-1} = a(Z - 1)^2$.

Lösning

a) Den kortaste våglängden får den foton som får all elektronens energi:

$$\frac{hc}{\lambda_{\min}} = eU \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{hc}{eU} = \frac{6,62607 \cdot 10^{-34} \cdot 299\,792\,458}{1,60218 \cdot 10^{-19} \cdot 85 \cdot 10^3} = 14,59 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

Fysika: Fd3 (gränsvåglängd för kontinuerlig röntgenstrålning)

Svar: $\lambda_{\min} \approx 14,6 \text{ pm}$

b) Energigapet mellan M - och K -skalet i platina:

$$\Delta E = 78\,395 - 2121 = 76\,274 \text{ eV}$$

Fysika: T k1 (Pt: $K = 78\,395 \text{ eV}$, $M = 2121 \text{ eV}$)

Det motsvarar våglängden

$$\frac{hc}{\lambda} = \Delta E \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\Delta E} = 16,255 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

Fysika: Fd3 (fotonenergi $E = hc/\lambda$)

Svar: $\lambda_{K\beta} \approx 16,26 \text{ pm}$

c) För att kunna påvisa guld måste de inkommande elektronerna ha tillräckligt med energi för att frigöra en elektron i K -skalet. Bindningsenergin i guldets K -skal är $80,724 \text{ keV}$, och de inkommande elektronerna har energin 85 keV , vilket räcker.

Fysika: T k1 (Au: $K = 80\,724 \text{ eV}$)

Svar: **ja**, guldets K -linjer kan synas.

d) Enligt Bohrs modell ges energinivåerna för en atom som har blivit av med en elektron i K -skalet av

$$E_n = -E_H \frac{(Z-1)^2}{n^2}$$

Fysika: Fd3 (energinivåer för väteliknande system, med Z ersatt av den skärmade laddningen $Z - 1$)

En K_α -foton kommer från en övergång mellan L - och K -skalet:

$$\begin{aligned} hf = \frac{hc}{\lambda} &= E_2 - E_1 = E_H(Z-1)^2 \left(1 - \frac{1}{4}\right) \\ \Rightarrow \lambda^{-1} &= \frac{3}{4} \frac{E_H}{hc} (Z-1)^2 \end{aligned}$$

Det innebär att konstanten a i Moseleys lag är

$$a = \frac{3}{4} \frac{E_H}{hc} = \frac{3}{4} \cdot \frac{13,6057 \text{ eV}}{1,23984 \cdot 10^{-6} \text{ eV} \cdot \text{m}} = 8,23 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$$

Fysika: Fd3 (Moseleys lag, $a = 8,23 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$), $T_e(E_H, hc)$

Svar: $a = 8,23 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$, precis Fysikas värde.

Kontrollerat mot facit. Facits svarsrad i a avrundar till 15 pm (uträkningen ger 14,59 pm).

6. Comptonstöt: elektronens rörelsemängd

En foton med en energi på 85,0 keV färdas i positiv x -riktning och kolliderar med en stillastående elektron. Efter kollisionen har fotonen våglängden 15,81 pm. Vilken rörelsemängd, till både storlek och riktning relativt x -axeln, har elektronen efter kollisionen? (3p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Comptonspridning med rörelsemängdens bevarande. Fysika: Fd3 (Comptonspridning, fotonenergi, $p = h/\lambda$) och Fb7a (rörelsemängd).

Ledtråd 2

Fotonens våglängd före stöten är $\lambda = hc/E$. Comptonformeln $\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos \theta)$ ger fotonens spridningsvinkel θ . Rörelsemängden bevaras i både x - och y -led.

Ledtråd 3

Elektronens rörelsemängd är skillnaden mellan fotonens rörelsemängd före och efter, som vektorer: $p_x = h/\lambda - (h/\lambda') \cos \theta$ och $p_y = -(h/\lambda') \sin \theta$. Elektronen far iväg på **andra** sidan om x -axeln jämfört med fotonen.

 Lösning

Först fotonens riktning efter stöten. Före stöten är $\lambda = hc/E_f = 14,586 \text{ pm}$, så Comptonformeln ger

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos \theta) \Rightarrow \cos \theta = 1 - \frac{mc}{h}(\lambda' - \frac{hc}{E_f})$$

$$\Rightarrow \theta = 60,285^\circ$$

Fysika: Fd3 (Comptonspridning; fotonenergi $E = hc/\lambda$), Te (elektronens comptonvåglängd $h/(m_e c) = 2,4263 \text{ pm}$)

Elektronens rörelsemängd följer av att rörelsemängden bevaras. Fotonens rörelsemängd är $h/\lambda = E_f/c$:

$$p_x = \frac{h}{\lambda} - \frac{h}{\lambda'} \cos \theta = \frac{E_f}{c} - \frac{h}{\lambda'} \cos \theta = 2,465 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$p_y = \frac{h}{\lambda'} \sin \theta = 3,640 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

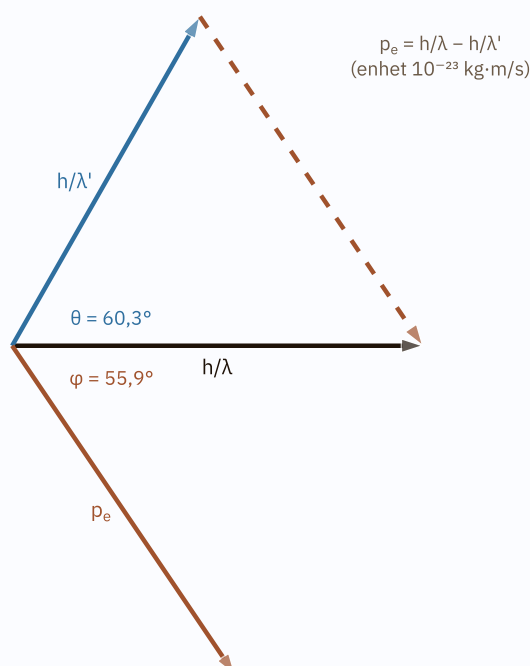
Fysika: Fd3 (de Broglie, $p = h/\lambda$), Fb7a (rörelsemängd)

Elektronens totala rörelsemängd:

$$p = \sqrt{p_x^2 + p_y^2} = 4,396 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

och riktningen mot x -axeln ges av

$$\beta = \tan^{-1} \frac{p_y}{p_x} = 55,89^\circ$$



Svar: $p = 4,40 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ i riktningen $55,9^\circ$ relativt x-axeln, på motsatt sida om x-axeln mot den spridda fotonen.

Kontroll med energin

Elektronen får rörelseenergin $K = 85,0 \text{ keV} - hc/\lambda' = 6,58 \text{ keV}$. Relativistiskt är $pc = \sqrt{K^2 + 2Km_e c^2}$, vilket ger exakt samma $p = 4,396 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$. Energi och rörelsemängd stämmer alltså båda.

Kontrollerat mot facit.

Se även

- F0005T — kurssidan med alla tentor
- Harmonisk våg · Fashastighet och partikelhastighet · Fas och faskonstant · Stående vågor i pipor · Svävning · Dopplereffekt
- Dubbelspaltexperimentet · Fraunhoferdiffraktion · Diffraktion

- Bohrs modell för väteatomen · De Broglie-våglängd · Röntgenstrålning · Bromsstrålning · Moseleys lag · Comptonspridning
-