

F0005T-2023-12-22

19 okt. 2026, 15 min läsning

UTKAST

#tenta #fysik #vågrörelse #modern-fysik

Kurs: F0005T — Fysik 2 **Datum:** 2023-12-22 **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):

- stående våg på en silvertråd: våglängd, frekvens och trådens diameter (1)
- dopplereffekt och svävning: två renar som visslar (2), samma uppgift som [december 2024](#) uppgift 3
- dubbelspalt som tänder fem ljus: spaltavstånd och spaltbredd (3)

MOF (uppgift 4–6):

- röntgenspektrum från silver: de Broglie-våglängd, $\lambda_{\min}$ och K_{β} (4)
- solceller på Mars (5)
- fotoelektrisk effekt kopplad till en elektron i en låda (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. Stående våg på en silvertråd

Tomtemor ska fläta nya remmar av silver till renarna som ska ingå i spannet till tomtens släde. Det är väldigt noga att trådarna hon använder har rätt diameter men hon har tyvärr tappat bort sitt skjutmått. Hon bestämmer sig för att kontrollera diametern genom att generera en transversell stående våg på tråden som har ett cirkulärt tvärsnitt. Hon spänner upp en tråd av längden 1,30 meter så att den är fast i bägge ändar med kraften 13,0 Newton och lyckas få tråden att svänga vid sin grundmod. Hon mäter både partikelhastigheten och partikelaccelerationen och får att $v_{max} = 8,00 \text{ m/s}$ och att $a_{max} = 639 \text{ m/s}^2$.

a) Vilken våglängd har vågen? (0,5p)

b) Vilken frekvens har vågen? (1p)

c) Vilken diameter har tråden? (1,5p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Stående våg på en sträng med fasta ändar, Fashastighet och partikelhastighet och Våghastighet på en sträng. Fysika: Fc1 (partikelhastighet, $\omega = 2\pi f$, $v = f\lambda$), Fc2a (transversella vågor i sträng) och T g1 (silvrets densitet).

Ledtråd 2

Vid grundmoden ryms en halv våglängd mellan de fasta ändarna. Varje punkt svänger harmoniskt, $y = A \sin \omega t$, så $v_{max} = A\omega$ och $a_{max} = A\omega^2$. Vågfarten är $v = \sqrt{F/\rho_l}$, där längddensiteten ρ_l är densitet gånger tvärsnittsarea.

Ledtråd 3

Amplituden är okänd, men den förkortas bort i kvoten $a_{max}/v_{max} = \omega$. För c: $\rho_l = \rho \pi d^2/4$, så lös ut d ur $v^2 = F/\rho_l$.

Lösning

a) Vid grundmoden har den stående vågen noder i båda ändarna och en buk i mitten, så tråden rymmer en halv våglängd:

$$\lambda = 2L = 2 \cdot 1,30 = 2,6 \text{ m}$$

Fysika: Fc1a (stående våg i en dimension; med fasta ändar ryms ett helt antal halva våglängder)

Svar: $\lambda = 2,6 \text{ m}$

b) Punkterna på tråden svänger harmoniskt. Partikelhastigheten och partikelaccelerationen har amplituderna

$$v_{max} = A\omega, \quad a_{max} = A\omega^2$$

Fysika: Fc1 (partikelhastighet $v_p = ds/dt$; accelerationen är derivatan en gång till)

Kvoten tar bort den okända amplituden A :

$$\omega = \frac{a_{max}}{v_{max}} = \frac{639}{8,00} = 79,875 \text{ rad/s} \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = 12,71 \text{ Hz}$$

Fysika: Fc1 ($\omega = 2\pi f$)

Svar: $f = 12,7 \text{ Hz}$

c) Vågens fart på tråden:

$$v = \lambda f = 2,6 \cdot 12,71 = 33,05 \text{ m/s}$$

Fysika: Fc1 ($v = f \cdot \lambda$)

Farten bestäms också av spännkraften och längddensiteten. För en tråd med cirkulärt tvärsnitt är $\rho_l = \rho \cdot \pi d^2/4$:

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{\frac{F}{\rho_l}} = \sqrt{\frac{F}{\rho \pi d^2/4}} \\ \Rightarrow \frac{\pi d^2 \rho}{4} &= \frac{F}{v^2} \\ \Rightarrow d &= \sqrt{\frac{4F}{\rho v^2 \pi}} \end{aligned}$$

Fysika: Fc2a (transversella vågor i sträng, $v = \sqrt{F/\rho_l}$)

Med silvrets densitet $\rho = 10,50 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 13,0}{10\,500 \cdot 33,05^2 \cdot \pi}} = 1,20 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Fysika: T g1 (densitet för silver, $10,50 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$)

Svar: $d = 1,2 \text{ mm}$

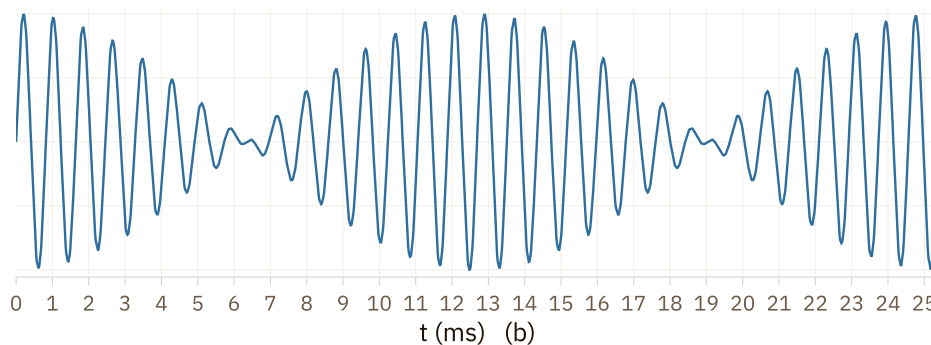
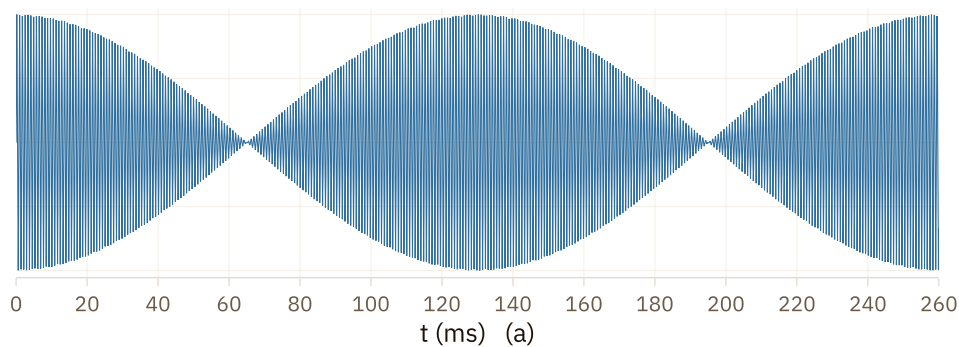
Varför behövs inte amplituden?

Både $v_{\max}$ och $a_{\max}$ är proportionella mot A , så deras kvot beror bara på frekvensen. Amplituden går ändå att få fram, $A = v_{\max}/\omega = 0,10 \text{ m}$, men den spelar ingen roll för vågens fart: den bestäms bara av trådens spänning och massa per längd.

Kontrollerat mot facit.

2. Rudolf, Adolf och svävningen

Renen Rudolf har en tvillingbror, Adolf, som faktiskt är något snabbare än Rudolf. Tomten bestämmer sig för att ta reda på hur snabbt Adolf faktiskt kan springa. Till sin hjälp har han utrustning för att mäta tryckförändringar, som uppstår av till exempel ljudvågor. Han låter först bägge renarna springa mot honom samtidigt som dom visslar. (Alla tomtens renar visslar med en frekvens på 1224 Hz). Han får då mätresultatet i figur (a) nedan. Därefter vänder Adolf om och springer från Tomten medan Rudolf fortfarande springer mot Tomten som då får mätresultatet i figur (b) nedan. Utgå från att ljudhastigheten är 340 m/s och bestäm hur fort Adolf springer. (3p)



Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Dopplereffekt för en källa som rör sig mot eller från en stillastående mottagare, och **Svävning** när två toner med nästan samma frekvens överlagras. *Fysika: F_c2 (dopplereffekten hos ljud) och F_c1a (svävningsfrekvens).*

Ledtråd 2

Graferna visar svävningar. Tiden mellan två ställen där signalen nästan försvinner är svävningsperioden, och $f_{sv} = |f_1 - f_2|$. Ställ upp Fysikas dopplerformel för Rudolf mot tomten, Adolf mot tomten och Adolf från tomten. Okända är Rudolfs och Adolfs farter.

Ledtråd 3

Adolf är snabbast, så i (a) är hans ton högst. I (b) är Rudolfs ton högst, eftersom Adolfs nu ligger under 1224 Hz. Lägg ihop de två svävningsfrekvenserna: då försvinner Rudolf helt, och kvar står skillnaden mellan Adolfs ton på väg mot och på väg från tomten.

 Lösning

Läraren går igenom uppgiften på seminarium 2 och ger bara svaret i facit, så lösningsgången nedan är egen.

Avläsning. I båda graferna blir signalen nästan noll med jämna mellanrum: två toner med nästan samma frekvens växlar mellan att förstärka och släcka ut varandra. Tiden mellan två sådana minima är svärningsperioden T_{sv} , och svärningsfrekvensen är skillnaden mellan tonerna:

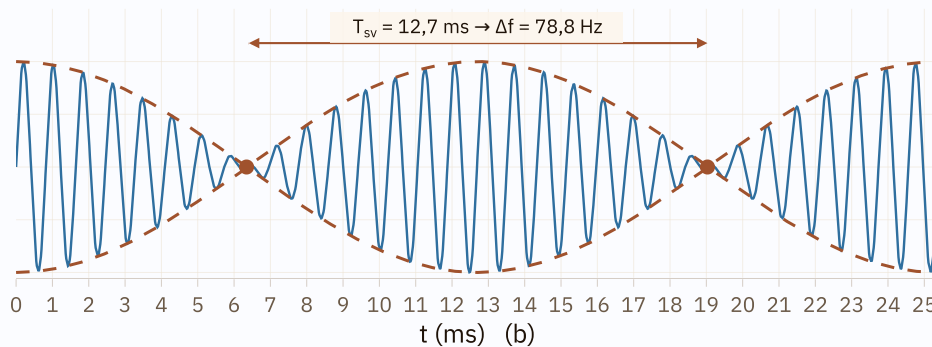
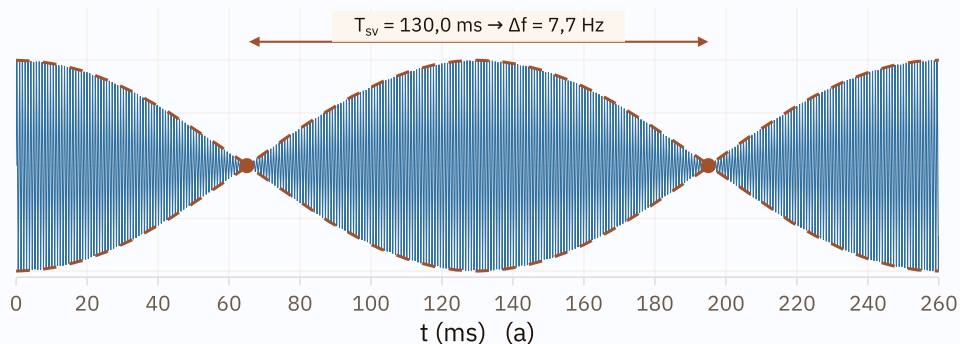
$$f_{sv} = |f_1 - f_2| = \frac{1}{T_{sv}}$$

Fysika: Fc1a (svärningsfrekvens)

I (a) ligger minima vid ungefär 65 och 195 ms, i (b) vid ungefär 6,3 och 19,0 ms:

$$\Delta f_a = \frac{1}{0,130 \text{ s}} = 7,69 \text{ Hz}$$

$$\Delta f_b = \frac{1}{0,0127 \text{ s}} = 78,7 \text{ Hz}$$



Dopplerskiftet. Tomten står still ($v_m = 0$). En ren som springer mot honom med farten u ger frekvensen $f_0 v / (v - u)$, och en som springer ifrån honom $f_0 v / (v + u)$:

$$f_m = f_s \frac{v - v_m}{v - v_s}$$

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

Kalla Rudolfs fart u_R och Adolfs u_A . I (a) springer båda mot tomten och Adolf är snabbast, så hans ton är högst. I (b) springer Adolf ifrån tomten och hans ton ligger under f_0 , medan Rudolfs fortfarande ligger över:

$$\Delta f_a = \frac{f_0 v}{v - u_A} - \frac{f_0 v}{v - u_R}$$

$$\Delta f_b = \frac{f_0 v}{v - u_R} - \frac{f_0 v}{v + u_A}$$

Summan tar bort Rudolf:

$$\Delta f_a + \Delta f_b = \frac{f_0 v}{v - u_A} - \frac{f_0 v}{v + u_A} = \frac{2f_0 v u_A}{v^2 - u_A^2}$$

$$= 7,69 + 78,7 = 86,4 \text{ Hz}$$

Med $\Delta f = 86,4 \text{ Hz}$ blir det en andragradsekvation i u_A :

$$\Delta f u_A^2 + 2f_0 v u_A - \Delta f v^2 = 0$$

$$\Rightarrow u_A = \frac{-f_0 v + \sqrt{(f_0 v)^2 + (\Delta f v)^2}}{\Delta f} = 11,99 \text{ m/s}$$

Svar: $u_A \approx 12 \text{ m/s}$ (cirka 43 km/h)

Snabbare med en approximation

Eftersom $u_A \ll v$ är $v^2 - u_A^2 \approx v^2$, och då blir $\Delta f \approx 2f_0 u_A / v$, alltså $u_A \approx \Delta f v / (2f_0) = 86,4 \cdot 340 / 2448 = 12,0 \text{ m/s}$. Med u_A känd ger Δf_a också Rudolfs fart, $u_R \approx 10 \text{ m/s}$.

Svaret kontrollerat mot facit; lösningsgången är egen.

3. Dubbelspalten som tänder ljusstaken

Dom små vättarna som bor under tomtens hus på nordpolen ska tända sin fina ljusstake som har 5 stycken ljus. Problemet är att dom inte har några tändstickor. En av vättarna får då den briljanta idén att dom ska tända ljusen med hjälp av en stark laser. Då vättarna är finurliga varelser med ett stort fysikintresse bestämmer dom sig för att tända alla ljus samtidigt genom att låta laserstrålen passera en dubbelspalt och placera staken så att varje ljusveke hamnar vid ett interferensmax. Lasern dom har genererar en Julröd stråle med en våglängd på $632,8 \text{ nm}$. Den lilla ljusstaken är konstruerad så att dom små ljusens vekar är regelbundet placerade $6,00 \text{ mm}$ från varandra. För att interferensmaximumen ska ha tillräckligt hög intensitet för att tända ljusen måste dom vara placerade inom halva diffraktionsmaximat. Avståndet mellan dubbelspalten och vekarna är $4,20 \text{ meter}$.

a) Vilket spaltavstånd måste dom ha? (1p)

b) Vilken är den största spaltbredden som dom kan ha? (2p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Dubbelspaltexperimentet och Fraunhoferdiffraktion: interferensen mellan spalterna ger de skarpa maxima, diffraktionen i varje spalt ger enveloppen. *Fysika: Fc5* (dubbelspalt, interferensmaxima och diffraktionsminima).

Ledtråd 2

Interferensmaxima: $d \sin \theta = m\lambda$. Diffraktionsminima: $b \sin \theta = m\lambda$. Med $4,20 \text{ m}$ till vekarna och millimeteravstånd är vinklarna små, så $\sin \theta \approx y/z$.

Ledtråd 3

Fem vekar med det mittersta på axeln betyder maxima vid $y = 0, \pm 6$ och $\pm 12 \text{ mm}$.
 "Inom halva diffraktionsmaximat": de yttersta vekarna får ligga högst halvvägs ut till det första diffraktionsminimumet. Större spaltbredd ger smalare diffraktionsmaximum.

 Lösning

a) För interferensmaxima från dubbelspalten gäller

$$d \sin \theta_n = n\lambda$$

Fysika: Fc5 (dubbelspalt, interferensmaxima vid vinkelrätt infall)

Vinklarna är små, så $\sin \theta_n \approx y_n/z$, där y_n är avståndet från optiska axeln till maximum n och z avståndet mellan spalten och veckarna. Första interferensmaximum ska ligga vid nästa veke, $y = 6,00 \text{ mm}$:

$$d \frac{y}{z} = \lambda \Rightarrow d = \frac{\lambda z}{y} = \frac{632,8 \cdot 10^{-9} \cdot 4,20}{0,006} = 0,443 \text{ mm}$$

Svar: $d = 0,443 \text{ mm}$

b) De yttersta veckarna står vid $2y = 12 \text{ mm}$. De ska ligga inom halva diffraktionsmaximum, så avståndet till första diffraktionsminimum måste vara minst $l = 4y = 24 \text{ mm}$. För första diffraktionsminimum gäller

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

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

Med små vinklar:

$$b \frac{4y}{z} = \lambda \Rightarrow b = \frac{\lambda z}{4y} = \frac{d}{4} = 0,111 \text{ mm}$$

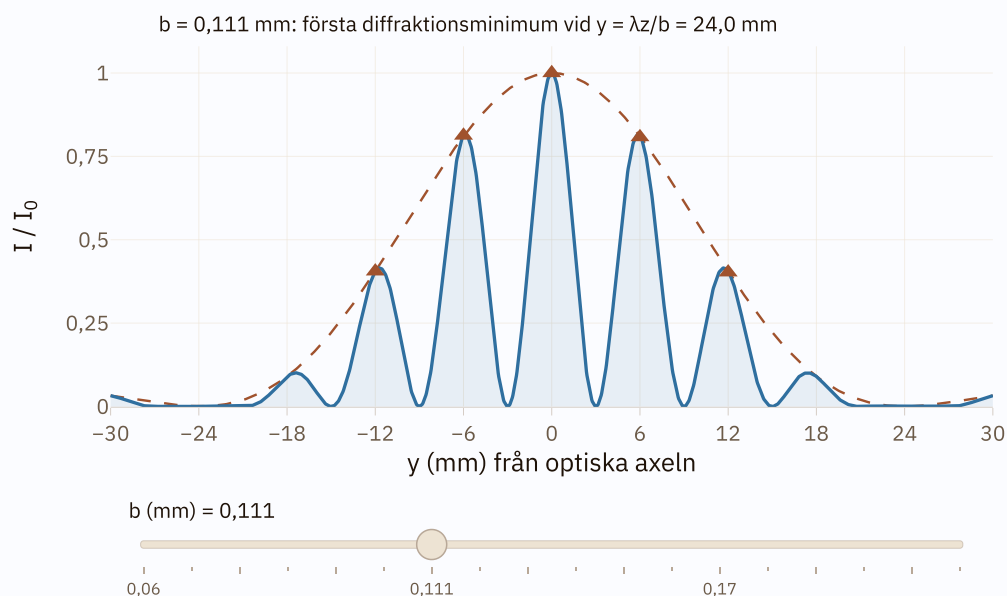
En större spalt ger ett smalare diffraktionsmaximum, så detta är den största spaltbredden.

Svar: $b = 0,111 \text{ mm}$

📌 Hur ska "inom halva diffraktionsmaximat" läsas?

Lösningen följer facit: de yttersta vekarna ska ligga högst halvvägs ut till första diffraktionsminimum. Läser man det i stället som halvvärdesbredden (där intensiteten fallit till hälften) blir $b \approx 0,098 \text{ mm}$, och kräver man bara att vekarna ligger inom hela centralmaximum blir $b \approx 0,221 \text{ mm}$. På tentan: skriv ut vilken tolkning du gör.

Dra i reglaget för spaltbredden. Trianglarna är vekarna. Vid $b = 0,111 \text{ mm}$ ligger diffraktionsminimum vid 24 mm , och de yttersta vekarna får fortfarande cirka 40 % av mittens intensitet. Med bredare spalt krymper enveloppen och de yttersta vekarna hamnar i mörker:



Kontrollerat mot facit.

4. Silver i röntgenspektrumet

En av nissarna söker efter silver till renarnas remmar. Han gör det genom att bombardera prov med elektroner och letar efter toppar i det resulterande röntgenspektrumet som påvisar förekomsten av silver.

a) För att denna metod ska fungera, vilken är den längsta de Broglie våglängd som elektronerna kan ha? (1p)

b) Vilken är den kortaste våglängden som kan observeras i bromsstrålningen? (1p)

c) Vilken våglängd har K_β fotonerna som kommer från silver? (1p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Röntgenstrålning: karakteristiska linjer och bromsstrålningens gränsvåglängd, och **De Broglie-våglängd** för elektronerna. *Fysika:* $Fd3$ (de Broglie-våglängden, $\lambda_{\min}$, fotonenergi) och $T k1$ (bindningsenergi för silver).

Ledtråd 2

Silvrets karakteristiska linjer, K_α och K_β , kräver ett hål i K -skalet. Elektronerna måste därför ha minst K -skalets bindningsenergi som rörelseenergi. K_β är övergången $M \rightarrow K$.

Ledtråd 3

Minsta rörelseenergi betyder minsta rörelsemängd och därmed **längsta** de Broglie-våglängd. I b får en enda foton hela elektronens rörelseenergi. Det är samma energi i a och b, men olika formler: $\lambda = h/\sqrt{2mK}$ för elektronen och $\lambda = hc/E$ för fotonen.

Lösning

a) Elektronerna måste ha minst rörelseenergin $K = 25,514 \text{ keV}$ för att kunna slå loss en elektron från K -skalet i en silveratom.

Fysika: $T k1$ (Ag: $K = 25\,514 \text{ eV}$)

de Broglie-våglängden ges då av

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2m_e K}} \\ &= \frac{6,62607 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 9,1094 \cdot 10^{-31} \cdot 25\,514 \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19}}} \\ &= 7,678 \cdot 10^{-12} \text{ m}\end{aligned}$$

Fysika: Fd3 (de Broglie-våglängden), Te (h , m_e , e)

Svar: $\lambda = 7,68 \text{ pm}$

b) Sambandet mellan fotonens energi och dess våglängd är

$$E_f = \frac{hc}{\lambda}$$

Fysika: Fd3 (fotonenergi)

De energirikaste fotonerna i bromsstrålningen har fått all rörelseenergi från en infallande elektron:

$$\begin{aligned}\lambda_{\min} &= \frac{hc}{K} = \frac{6,62607 \cdot 10^{-34} \cdot 299\,792\,458}{25\,514 \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19}} \\ &= 48,59 \cdot 10^{-12} \text{ m}\end{aligned}$$

Fysika: Fd3 (gränsvåglängd för kontinuerlig röntgenstrålning, $\lambda_{\min} = hc/(eU)$)

Svar: $\lambda_{\min} = 48,6 \text{ pm}$

c) K_β -fotonen bär skillnaden i bindningsenergi mellan K - och M -skalet, $M = 367 \text{ eV}$:

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{hc}{\Delta E} = \frac{6,62607 \cdot 10^{-34} \cdot 299\,792\,458}{(25\,514 - 367) \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19}} \\ &= 49,30 \cdot 10^{-12} \text{ m}\end{aligned}$$

Fysika: T k1 (Ag: $M = 367 \text{ eV}$), Fd3 (fotonenergi)

Svar: $\lambda_{K_\beta} = 49,3 \text{ pm}$

Varför är elektronens våglängd så mycket kortare än fotonens?

Samma energi, 25,5 keV, ger 7,7 pm för elektronen men 48,6 pm för fotonen. Fotonens rörelsemängd är $p = E/c$, elektronens $p = \sqrt{2mK}$, och kvoten $\sqrt{2mc^2/K} = \sqrt{2 \cdot 511/25,5} \approx 6,3$ är precis kvoten mellan våglängderna. En elektron med en viss energi

har alltså mycket större rörelsemängd än en foton med samma energi.

Kontrollerat mot facit. Facit skriver $1,6022 \cdot 10^{-18}$ i nämnarna men räknar med $1,6022 \cdot 10^{-19}$, och texten i c säger "K- och L-skalet" men använder M-värdet 367 eV ur T k1, vilket är rätt för K_{β} .

5. Pepparkaksfabriken på Mars

Tomten funderar på att expandera sin verksamhet till Mars för att förbereda sig inför människornas kolonisering av den röda planeten. Han tänker sig först en liten småskalig pepparkaksfabrik som ska drivas av solceller. Fabriken han planerar kräver 1,213 MW för att fungera som tänkt. Hur stor yta med solceller krävs? Utgå från att solcellerna har en verkningsgrad på 24 % och bortse från eventuell absorption av strålningen i Mars tunna atmosfär. (3p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Intensiteten från en punktkälla avtar med kvadraten på avståndet. Solens utstrålade effekt och Mars banradie står i *Fysika: T j2* och *T j1*, och intensiteten $I = P/(4\pi r^2)$ i *Fysika: Fc2*. Se [Elektromagnetiska vågor](#).

Ledtråd 2

Solens hela effekt sprids över en sfär med radien d = Mars avstånd från solen. Det ger intensiteten I vid Mars. Panelerna levererar $P = \eta IA$.

Ledtråd 3

Använd Mars **banradie** (avståndet till solen), inte Mars egen radie. Solens ytemperatur behövs inte, eftersom den totala effekten står direkt i tabellen.

Lösning

Solens totala effekt sprids ut över en sfär med Mars banradie d som radie:

$$P_{sol} = I \cdot 4\pi d^2 \Rightarrow I = \frac{P_{sol}}{4\pi d^2} = \frac{3,846 \cdot 10^{26}}{4\pi (2,28 \cdot 10^{11})^2} = 588,7 \text{ W/m}^2$$

Fysika: Fc2 (intensitet $I = P/(4\pi r^2)$), T j2 (solens totalt utstrålade effekt $3,846 \cdot 10^{26} \text{ W}$), T j1 (Mars banradie $2,28 \cdot 10^{11} \text{ m}$)

Effekten från solpanelerna är intensiteten gånger arean gånger verkningsgraden:

$$P = IA\eta \Rightarrow A = \frac{P}{I\eta} = \frac{1,213 \cdot 10^6}{588,7 \cdot 0,24} = 8585 \text{ m}^2$$

Svar: $A = 8,58 \cdot 10^3 \text{ m}^2$

Jämförelse med jorden

Vid jorden är intensiteten solarkonstanten, 1368 W/m^2 (T j2). Mars ligger $2,28/1,50 = 1,52$ gånger längre bort, så intensiteten är $1,52^2 \approx 2,3$ gånger lägre: $1368/2,31 \approx 590 \text{ W/m}^2$, samma som ovan.

Kontrollerat mot facit.

6. Grinchens lådpotential och aluminiumytan

Grinchen har fått en fysiklåda i julklapp. Den innehåller bland annat en lådpotential han kan experimentera med. Han har lyckats fånga en elektron i lådpotentialen och exciterat den till det 3:e tillståndet. Elektronen återgår sedan till grundtillståndet genom att emittera en foton. Om den fotonen träffar en aluminiumyta så frigörs en elektron. Den kortaste de Broglie man kan förvänta sig hos den frigjorda elektronen är $0,629 \text{ nm}$. Vilken de Broglie våglängd hade elektronen i lådpotentialen då den befann sig i det 3:e tillståndet? (3p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Tre steg som hakar i varandra: **De Broglie-våglängd** för den frigjorda elektronen, **Fotoelektriska effekten** för fotonen och **Partikel i låda** för elektronen i lådan. Allt står i *Fysika: Fd3*; aluminiums utträdesarbete i *Fysika: T k3*.

Ledtråd 2

$\lambda = h/\sqrt{2mK}$ ger den frigjorda elektronens rörelseenergi. Fotoeffekten ger fotonens energi $E_f = K_{\max} + \Phi$. I lådan är $E_n = n^2 h^2 / (8mL^2)$, så $E_f = E_3 - E_1$ ger lådans storlek L .

Ledtråd 3

Den **kortaste** de Broglie-våglängden hör till den **största** rörelseenergin, $K_{\max}$. Här står det "3:e tillståndet", alltså $n = 3$ (jämför **december 2025** uppgift 4, där det "tredje exciterade" tillståndet är $n = 4$). I lådan ryms n halva våglängder.

Lösning

Fotonen. Den fotoelektriska effekten ger fotonens energi. Kortast de Broglie-våglängd betyder störst rörelseenergi, $K_{\max} = p^2 / (2m_e)$:

$$\begin{aligned} E_f &= K_{\max} + \phi = \frac{p^2}{2m_e} + \phi = \frac{h^2}{\lambda^2 \cdot 2m_e} + \phi \\ &= \frac{(6,62607 \cdot 10^{-34})^2}{(0,629 \cdot 10^{-9})^2 \cdot 2 \cdot 9,1094 \cdot 10^{-31}} + 4,20 \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19} \\ &= 1,282 \cdot 10^{-18} \text{ J} \end{aligned}$$

Fysika: Fd3 (fotoelektriska effekten, $K_{\max} = hf - \Phi$; de Broglie-våglängden), T k3 (utträdesarbete för Al, 4,20 eV), Te (h, m_e, e)

Lådan. Fotonens energi är skillnaden mellan tillstånd 3 och grundtillståndet:

$$E_f = E_3 - E_1 = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2m_e L^2} (9 - 1) = \frac{8h^2}{8m_e L^2} = \frac{h^2}{m_e L^2}$$

$$\Rightarrow L = \frac{h}{\sqrt{m_e E_f}} = \frac{6,62607 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{9,1094 \cdot 10^{-31} \cdot 1,282 \cdot 10^{-18}}}$$

$$= 6,131 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Fysika: Fd3 (fri partikel i endimensionell låda, $E_n = n^2 \pi^2 \hbar^2 / (2ma^2)$)

I tillstånd 3 ryms tre halva våglängder i lådan:

$$\frac{3}{2} \lambda = L \Rightarrow \lambda = \frac{2L}{3} = 4,09 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Svar: $\lambda = 4,09 \text{ Å} = 0,409 \text{ nm}$

En kontroll

Lådans grundtillståndsenergi blir $E_1 = h^2 / (8m_e L^2) = 1,00 \text{ eV}$, så fotonen har $8E_1 = 8,0 \text{ eV}$, och den frigjorda elektronen $8,0 - 4,2 = 3,8 \text{ eV}$. Jämnt avrundade värden är ett tecken på att uppgiften är konstruerad baklänges från $E_1 = 1 \text{ eV}$.

Kontrollerat mot facit.

Se även

- [F0005T](#) — kurssidan med alla tentor
- [Stående våg](#) · [Våghastighet på en sträng](#) · [Fasastighet och partikelhastighet](#) · [Dopplereffekt](#) · [Svävning](#)
- [Dubbelspaltexperimentet](#) · [Fraunhoferdiffraction](#) · [Diffraction](#) · [Elektromagnetiska vågor](#)
- [Röntgenstrålning](#) · [De Broglie-våglängd](#) · [Fotoelektriska effekten](#) · [Partikel i låda](#)