

F0005T-2023-03-24

19 okt. 2026, 16 min läsning

UTKAST

#tenta #fysik #vågrörelse #modern-fysik

Kurs: F0005T — Fysik 2 **Datum:** 2023-03-24 **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):

- en våg på en sträng avbildad vid två tidpunkter: riktning, frekvens och faskonstant (1)
- enkelspalten: vad $b \sin \theta$ betyder och diffraktion i vatten (2)
- två högtalare: interferensmax längs en linje och minima när frekvensen sänks (3)

MOF (uppgift 4–6):

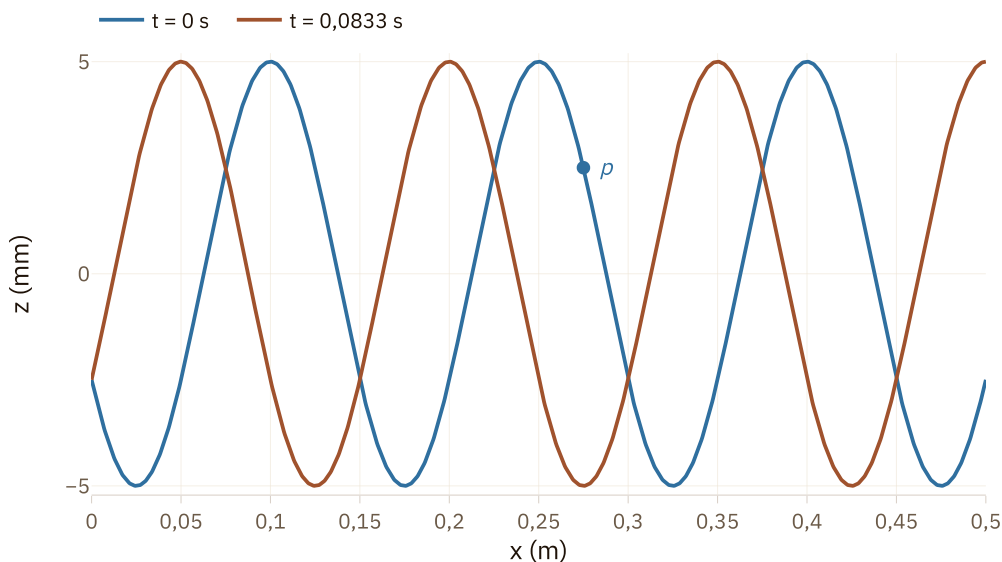
- solpaneler på rymdsonden JUICE vid Jupiter (4)
- omloppstiden för elektronen i Bohrs väteatom (5), samma uppgift som [augusti 2024](#) uppgift 5
- Moseleys lag ur Bohrs modell och elektroner som ska ge K_α från guld (6), samma uppgift som [augusti 2024](#) uppgift 6

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. En våg på en sträng vid två tidpunkter

I figuren nedan har en propagerande transversell våg på en sträng avbildats vid två tidpunkter. Tiden som förflutit mellan bilderna är längre än 1 periodtid men kortare än två periodtider. Farten, (beloppet av hastigheten), för punkten p minskar.



- I vilken riktning propagerar vågen? Motivera ditt svar. (1p)
- Vilken frekvens har vågen? (1p)
- Låt vågen beskrivas med en sinusfunktion. Bestäm faskonstanten och svara med ett värde mellan 0 och 2π . (1p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Harmonisk våg, Fashastighet och partikelhastighet och Fas och faskonstant. Fysika: Fc1 (propagerande harmonisk våg, $k = 2\pi/\lambda$, $v = f\lambda$) och Fb11a (harmonisk svängning, som varje punkt på strängen utför).

Ledtråd 2

Varje punkt på strängen svänger harmoniskt, så accelerationen pekar alltid mot jämviktsläget $z = 0$. Farten minskar när hastigheten och accelerationen har olika riktning. Läs av λ i figuren och hur långt en topp har flyttat sig mellan bilderna; då ger $v = \Delta x / \Delta t$ och $f = v / \lambda$ frekvensen.

Ledtråd 3

Toppen vid $x = 0,10 \text{ m}$ kan ha flyttat sig till $0,20$, $0,35$ eller $0,50 \text{ m}$. Bara en av förflyttningarna motsvarar mellan en och två periodtider. För c: sätt in toppen vid $t = 0$, där sinus är 1.

Lösning

a) Punkten p ligger ovanför jämviktsläget, så accelerationen pekar nedåt:

$$\ddot{z} = -\omega^2 z$$

Fysika: Fb11a (svängningsekvationen; accelerationen är riktad mot jämviktsläget)

Om farten minskar måste hastigheten och accelerationen ha olika riktning, så p är på väg **uppåt**. Punkten ligger på en sluttning som går nedåt i x -led (mellan toppen vid $0,25 \text{ m}$ och dalen vid $0,325 \text{ m}$). Att den ändå rör sig uppåt betyder att toppen bakom den är på väg fram, alltså att vågformen flyttar sig åt $+x$.

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

b) Våglängden är avståndet mellan två toppar, $\lambda = 0,25 - 0,10 = 0,15 \text{ m}$. Toppen som låg vid $x = 0,10 \text{ m}$ vid $t = 0$ kan ha hamnat vid $0,20$, $0,35$ eller $0,50 \text{ m}$, det vill säga $\frac{2}{3}$, $1\frac{2}{3}$ eller $2\frac{2}{3}$ våglängder bort. Tiden ska ligga mellan en och två perioder, så förflyttningen är $0,25 \text{ m}$:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0,35 - 0,10}{0,0833} = 3,0012 \text{ m/s}$$

Frekvensen ges då av

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3,0012}{0,15} = 20,01 \text{ Hz}$$

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

Svar: $f = 20,0 \text{ Hz}$

c) Vågen i +x-riktning skrivs

$$z = a \sin(kx - \omega t + \alpha)$$

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

Vid $t = 0$ och $x = 0,1$ m är det ett maxläge, där $\sin(\dots) = 1$:

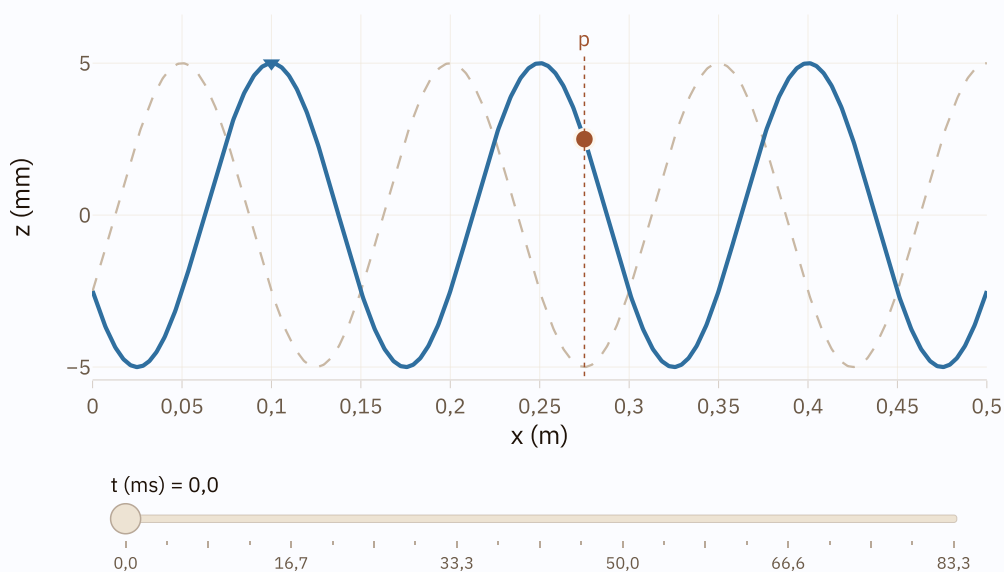
$$\begin{aligned} kx + \alpha &= \frac{\pi}{2} \\ \Rightarrow \alpha &= \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi}{0,15} \cdot 0,1 = \frac{\pi}{2} - \frac{20\pi}{15} = -\frac{5\pi}{6} \end{aligned}$$

Fysika: Fc1 ($k = 2\pi/\lambda$)

Lägg till 2π för att få ett värde mellan 0 och 2π . Kontroll: $z(0, 0) = 5 \sin(7\pi/6) = -2,5$ mm, som i figuren.

Svar: $\alpha = \frac{7}{6}\pi$

Dra i reglaget: toppen som låg vid $x = 0,10$ m vandrar 0,25 m åt höger, och punkten p går uppåt och bromsar in mot toppläget. Vid $t = 83,3$ ms ligger den blå kurvan på den andra bilden.



Kontrollerat mot facit.

2. Enkelspalten: vad betyder $b \sin \theta$?

I Fysika kan man hitta följande ekvation för diffraktionsminima.

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

- a) Förklara med ord och rita en figur som illustrerar vad vänsterledet i ekvationen ovan representerar fysikaliskt. Se till att både b och θ är utritade i figuren. Förklara också under vilka villkor ekvationen gäller. (1p)
- b) Förklara med ord och en figur varför det blir ett diffraktionsminima då vänsterledet i ekvationen ovan motsvarar ett helt antal våglängder. (1p)
- c) En enkelspalt har bredden 0,200 mm och belyses med koherent laserljus med en våglängd på 633 nm. Diffraktionsmönstret fångas upp på en skärm 3,58 m bakom spalten. På optiska axeln finns då det centrala diffraktionsmaximat. Hur stor är den fläcken om det är vatten mellan spalten och skärmen? (1p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Fraunhoferdiffraktion i en enkelspalt och Diffraktion. Fysika: Fc5 (enkelspalt, villkor för intensitetsminima) och Fc3 (brytningsindex, optisk våglängd).

Ledtråd 2

Rita strålarna från spaltens två kanter mot en punkt långt bort, i vinkeln θ mot optiska axeln. Fäll en normal från den övre kantstrålen till den undre: biten som blir över är vägskillnaden. För b: dela spalten i en övre och en undre halva och para ihop strålarna två och två.

Ledtråd 3

I vatten är det den **optiska** vägskillnaden som ska vara λ : $nb \sin \theta = \lambda$. Fläcken är det centrala maximat, alltså avståndet mellan de två första minimana på var sida, $2y$.

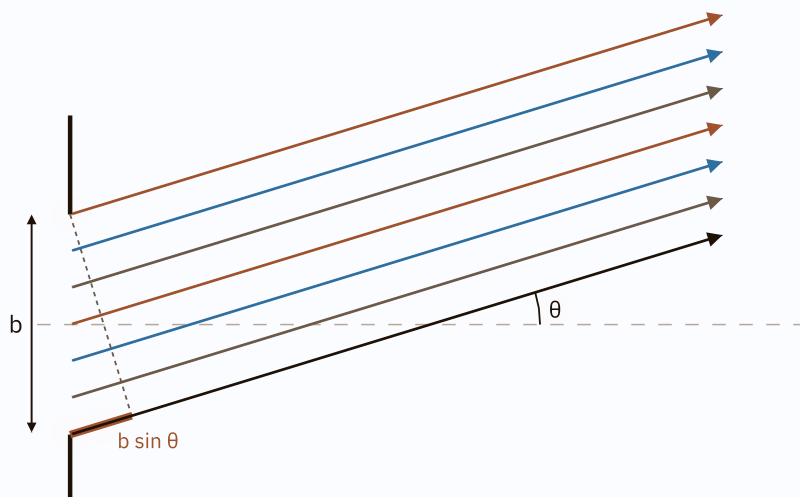
 Lösning

a) Vänsterledet $b \sin \theta$ är vägskillnaden mellan kantstrålarna, de två strålar som går från spaltens kanter till den punkt på skärmen där de möts. Det grundar sig på en approximation att strålarna är parallella, vilket gäller då spaltbredden är mycket mindre än avståndet mellan spalten och skärmen där diffraktionsmönstret studeras (Fraunhoferdiffraktion).

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

b) Dela spalten i en övre och en undre halva. Varje stråle i den övre halvan har en partner $b/2$ längre ner (samma färg i figuren). Om den optiska vägskillnaden mellan partnererna är en halv våglängd interfererar de destruktivt. Strålarna från den övre halvan släcker då ut strålarna från den undre halvan, och samtidigt är vägskillnaden mellan kantstrålarna en hel våglängd. Samma resonemang går att föra med spalten indelad i fler delar, till exempel 4 eller 6, där strålar från angränsande delar släcker ut varandra: då är vägskillnaden mellan kantstrålarna ett helt antal våglängder.

Varje stråle i övre halvan har en partner $b/2$ längre ner (samma färg).
När $b \sin \theta = \lambda$ skiljer partnererna $\lambda/2$ och släcker ut varandra.



c) I vatten är den optiska vägskillnaden n gånger den geometriska, så vinkeln till första minimum ges av

$$nb \sin \theta = \lambda$$

Fysika: Fc3 (optisk våglängd $L = \int n dx$), Fc5 (minimum för $m = 1$)

Vinkeln är liten, så $\sin \theta \approx \tan \theta = y/z$, där z är avståndet till skärmen:

$$y = \frac{z\lambda}{nb}$$

Fläcken sträcker sig från första minimum på ena sidan till första minimum på andra:

$$S = 2y = \frac{2z\lambda}{nb} = \frac{2 \cdot 3,58 \cdot 633 \cdot 10^{-9}}{1,33 \cdot 0,200 \cdot 10^{-3}} = 0,0170 \text{ m}$$

Fysika: T i 1a (vattnets brytningsindex $n \approx 1,33$ för synligt ljus) Svar: $S \approx 17,0 \text{ mm}$

Varför blir fläcken mindre i vatten?

Frekvensen är densamma i vattnet, men ljuset går långsammare, så våglängden blir λ/n (Fysika: Fc3, $n = c/v$, och Fc6a, $f_1 = f_2$). Att räkna med optisk våglängd är samma sak som att räkna med den kortare våglängden. I luft hade fläcken varit 1,33 gånger större, 22,7 mm.

Kontrollerat mot facit.

3. Två högtalare och en mikrofon längs x-axeln

Två identiska högtalare, A och B, är placerade längs en linje vinkelrät mot x-axeln enligt figuren nedan. Högtalarna är kopplade till samma tongenerator och sänder ut en sfärisk våg vid 1,36 kHz, ljudhastigheten under rådande omständigheter är 340 m/s. Avståndet l mellan högtalarna är 2,20 meter.



- a) Hur långt från högtalare A ska en mikrofon föras längs x-axeln för att registrera 3 stycken interferensmax? (1,5p)
- b) Mikrofonen befinner sig i positionen du beräknade i uppgift a. Frekvensen vrids ner från 1,36 kHz till 0,100 kHz. Hur många interferensminima registrerar mikrofonen under denna sänkning av frekvensen? (1,5p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Interferens mellan två källor i fas och **Superposition av vågor**. Fysika: Fc1 ($\lambda = v/f$, $k = 2\pi/\lambda$) och Fc1a (superposition, $a^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \cos \Delta\varphi$).

Ledtråd 2

I en punkt x på axeln är avståndet till A just x och till B $\sqrt{l^2 + x^2}$. Vägskillnaden $\Delta r = \sqrt{l^2 + x^2} - x$ ger fasskillnaden $k\Delta r$. Max när Δr är ett helt antal våglängder, min när det är ett halvt udda antal.

Ledtråd 3

Vid A är $\Delta r = l = 8,8\lambda$, och Δr minskar när mikrofonen förs utåt. De tre första maxima möter man alltså vid 8λ , 7λ och 6λ . I b är Δr fast medan $\lambda = v/f$ ändras: skriv minimivillkoret som en lista med frekvenser.

 Lösning

a) Våglängden ges av

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{1360} = 0,250 \text{ m}$$

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

Om mikrofonen är vid högtalare A är vägskillnaden mellan vågorna

$$\Delta r = l = \frac{2,20}{0,250} \lambda = 8,8\lambda$$

Om mikrofonen befinner sig i en punkt x på x -axeln är vägskillnaden

$$\Delta r = \sqrt{l^2 + x^2} - x$$

och Δr minskar då x ökar. För att registrera ett interferensmax ska fasskillnaden $k\Delta r$ vara en multipel av 2π , alltså Δr ett helt antal våglängder:

Fysika: Fc1a (superposition: $a^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \cos \Delta\varphi$ är störst när $\Delta\varphi = 2\pi m$)

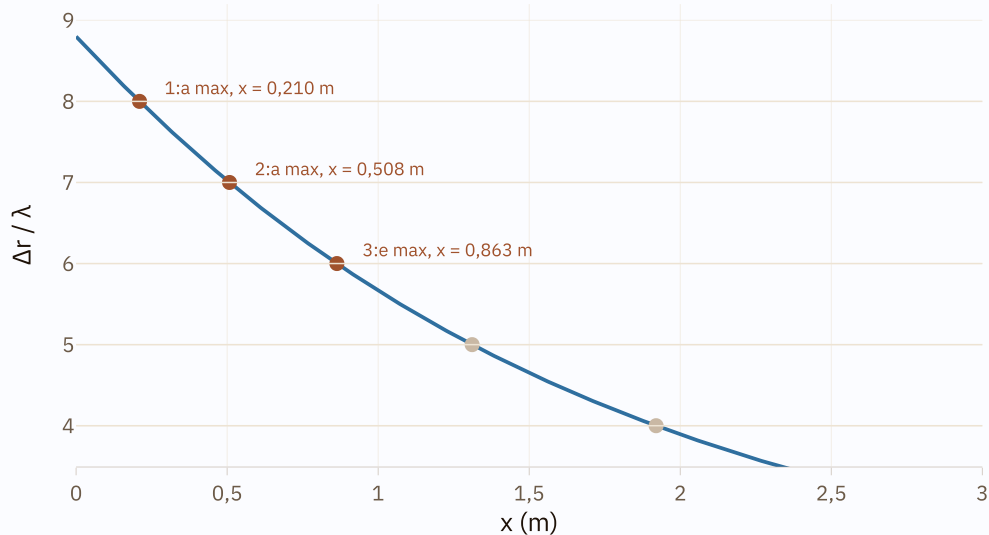
Maxima möts vid 8λ , 7λ och 6λ . Det tredje maximat hittas alltså då

$$\begin{aligned} \sqrt{l^2 + x^2} - x &= 6\lambda \\ \Rightarrow l^2 + x^2 &= 36\lambda^2 + x^2 + 12x\lambda \end{aligned}$$

Vi löser ekvationen för x och får

$$x = \frac{l^2 - 36\lambda^2}{12\lambda} = \frac{2,2^2 - 36 \cdot 0,25^2}{12 \cdot 0,25} = 0,863 \text{ m}$$

Svar: $x \approx 0,863 \text{ m}$



b) För minima ska vägskillnaden vara ett udda antal halva våglängder:

$$\Delta r = (2p + 1) \frac{\lambda}{2} = (2p + 1) \frac{v}{2f}$$

$$\Rightarrow f_p = (2p + 1) \frac{v}{2\Delta r}$$

Fysika: $Fc1a$ ($\Delta\phi = (2p + 1)\pi$ ger minimum)

Skillnaden i gångväg är

$$\Delta r = \sqrt{l^2 + x^2} - x = \sqrt{2,2^2 + 0,863^2} - 0,863 = 1,50021 \text{ m}$$

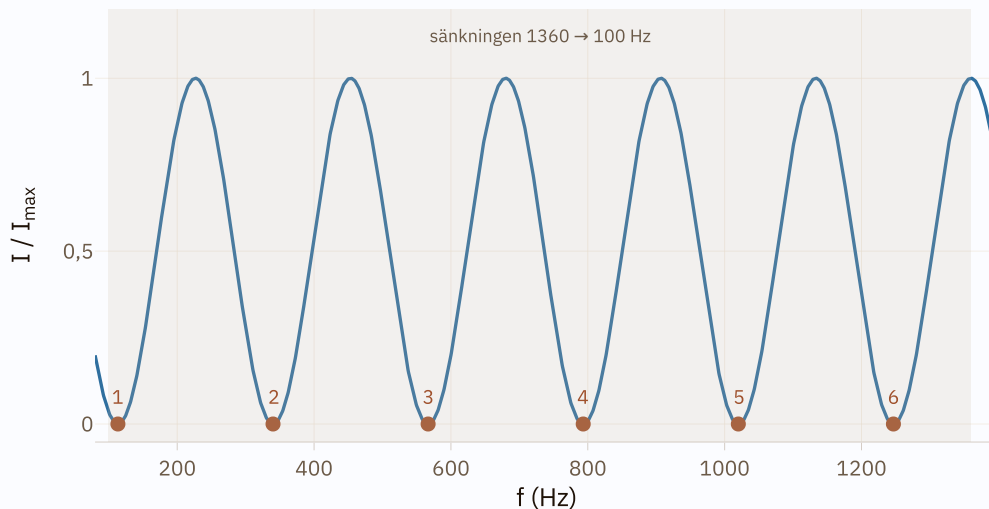
(precis $6\lambda = 1,50 \text{ m}$, som den ska vara). Då får vi interferensminima vid frekvenserna

$$f_p = (2p + 1) \cdot 113,317 \text{ Hz}$$

där $p \geq 0$ är ett heltal. Det lägsta, 113 Hz, ligger över 100 Hz. Det största värdet på p som ger en frekvens mindre än 1360 Hz är

$$2p_{\max} + 1 < \frac{1360}{113,317} = 12,0017 \Rightarrow p_{\max} = 5$$

Alltså $p = 0, 1, \dots, 5$.

Svar: 6 interferensminima

(Figuren antar lika stora amplituder från A och B. Avstånden är olika, så i verkligheten blir minimana inte helt noll, men de ligger på samma frekvenser.)

i Varför minskar vägskillnaden utåt?

Långt ut på axeln är mikrofonen nästan lika långt från A och B, så $\Delta r \rightarrow 0$. Vid A är den hela l . Mellan $8,8\lambda$ och 0 passerar Δr alla heltal 8, 7, ..., 1 en gång var, så längs axeln finns åtta maxima, tätast nära A.

Kontrollerat mot facit. Facit skriver gångvägsskillnaden i b som 2,50021 m, men insättningen ger 1,50021 m, och det är det värdet som ger facits 113,317 Hz; ettan i heltalsdelen är ett skrivfel.

4. Solpaneler på JUICE vid Jupiter

Satelliten JUICE planeras att skjutas upp 13 april 2023 för att studera möjligheterna till liv på några av Jupiters månar. Om alla instrument på satelliten tillsammans kräver 0,850 kW för att fungera, hur stor yta med solpaneler behöver satelliten? Solpanelerna har en verkningsgrad på 17 %, övrig data tas från Fysika.

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Strålningsintensitet från en punktkälla: **Energi och effekt i en harmonisk våg och Elektromagnetiska vågor**. Fysika: Fc2 (intensitet $I = P/(4\pi r^2)$), T j1 (Jupiters banradie) och T j2 (solens utstrålade effekt).

Ledtråd 2

Solens hela effekt sprids över en sfär med radien d = Jupiters avstånd till solen. Intensiteten där gånger panelarean gånger verkningsgraden ska bli 850 W.

Ledtråd 3

Allt står i tabellerna: solens totalt utstrålade effekt i T j2 och Jupiters banradie (halva storaxeln) i T j1. Ingen temperatur eller Stefan-Boltzmann behövs.

Lösning

Solens totalt utstrålade effekt är

$$P = 3,846 \cdot 10^{26} \text{ W}$$

Fysika: T j2 (solens totalt utstrålade effekt)

Vid Jupiter, på avståndet $d = 7,78 \cdot 10^{11} \text{ m}$ från solen, har den strålningen intensiteten

$$I = \frac{P}{4\pi d^2} = \frac{3,846 \cdot 10^{26}}{4\pi \cdot (7,78 \cdot 10^{11})^2} = 50,5639 \text{ W/m}^2$$

Fysika: Fc2 (intensitet $I = P/(4\pi r^2)$ för en sfärisk våg), T j1 (Jupiters banradie)

Den producerade effekten av satellitens solpaneler ges av

$$P_s = AI\eta$$

vilket ger oss den sökta arean:

$$A = \frac{P_s}{I\eta} = \frac{850}{50,5639 \cdot 0,17} = 98,88 \text{ m}^2$$

Svar: $A \approx 99 \text{ m}^2$

Rimlighetskontroll

Jupiter ligger $7,78/1,50 \approx 5,2$ gånger längre från solen än jorden, så intensiteten är $5,2^2 \approx 27$ gånger lägre än solarkonstanten 1368 W/m^2 (Fysika: $T j2$): $1368/27 \approx 51 \text{ W/m}^2$.

Kontrollerat mot facit.

5. Ett varv runt protonen i Bohrs väteatom

Enligt Bohrs modell, hur lång tid tar det för en elektron i en väteatom att färdas ett varv runt protonen om elektronen befinner sig i grundtillståndet?

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Bohrs modell för väteatomen: elektronen går i en cirkelbana där Coulombkraften är centripetalkraften. Fysika: $Fd3$ (banradie för väte), $Fe1$ (Coulombs lag), $Fb4$ (centripetalacceleration) och Te (a_0 , e , m_e , ϵ_0).

Ledtråd 2

Radien i grundtillståndet är Bohrradien a_0 . Farten får du ur $m_e v^2/r = e^2/(4\pi\epsilon_0 r^2)$. Omloppstiden är omkretsen delad med farten, $T = 2\pi r/v$.

Ledtråd 3

Ett varv tar tiden $T = 2\pi r/v$. Hämta r och v för grundtillståndet ur Bohrs modell; tiderna blir så korta att femtosekunder är en lämplig enhet.

Lösning

Facit till den här tentan ger bara svaret (uppgiften gås igenom på seminarium 4). Lärarens lösning står i facit för **augusti 2024**, där uppgiften är densamma, och den återges här.

Elektronen går i en cirkelbana med konstant fart, så accelerationen är centripetalaccelerationen:

$$a = \frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{ra}$$

Fysika: Fb4 ($a_n = v_t^2/r$)

Kraften som ger accelerationen är Coulombkraften från protonen, och Newtons andra lag ger accelerationen:

$$F = k \frac{e^2}{r^2}$$

Fysika: Fe1 (Coulombs lag, $k = 1/(4\pi\epsilon_0) \approx 8,988 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$)

$$F = ma \Rightarrow a = k \frac{e^2}{mr^2}$$

Fysika: Fb1 (Newtons andra lag, $\sum \vec{F} = m\vec{a}$)

Vi kombinerar de två uttrycken för farten och accelerationen:

$$v = \sqrt{k \frac{e^2}{mr}}$$

Tiden det tar elektronen att färdas ett varv är omkretsen delad med farten:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{e} \sqrt{\frac{mr^3}{k}}$$

I grundtillståndet är radien Bohrradien:

$$r_1 = \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m_e e^2} \cdot \frac{1^2}{1} = a_0 = 5,29177 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

Fysika: Fd3 (banradie i bana n för väte), Te (a_0)

Vi sätter in siffror:

$$\begin{aligned} T &= \frac{2\pi}{1,602177 \cdot 10^{-19}} \sqrt{\frac{9,10938 \cdot 10^{-31} \cdot (5,29177 \cdot 10^{-11})^3}{8,988 \cdot 10^9}} \\ &= 1,520 \cdot 10^{-16} \text{ s} \end{aligned}$$

Fysika: Te (e , m_e)

Svar: $T \approx 0,152 \text{ fs}$

Kontroll med energin

I Bohrs modell är rörelseenergin lika stor som bindningsenergin, $K = E_H = 13,6 \text{ eV}$ (Fysika: Te). Det ger $v = \sqrt{2E_H/m_e} = 2,19 \cdot 10^6 \text{ m/s}$, samma fart som Coulombvillkoret ger, ungefär $c/137$.

Kontrollerat mot facit (lärarens lösning i facit för augusti 2024). Båda facit anger svaret 0,1512 fs, men insättningen i lärarens egen formel ger $1,520 \cdot 10^{-16} \text{ s} = 0,1520 \text{ fs}$; siffrorna i facits svar är omkastade.

6. Moseleys lag och guld i ett prov

Moseleys lag, se ekvationen nedan, är en experimentellt framtagen ekvation för våglängden i K_α -strålning i ett röntgenspektra.

$$\lambda^{-1} = a(Z - 1)^2$$

- a) Utgå från Bohrs modell och härled fram värdet på konstanten a i Moseleys lag. (1,5p)
- b) Ett prov ska undersökas för att se om det innehåller guld. Det ska göras genom att bestråla provet med elektroner och leta efter en K_α -topp som motsvarar guld i röntgenspektrat. Vilken är den längsta de Broglie-våglängden som elektronerna kan ha för att denna metod ska fungera? (1,5p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Moseleys lag och Röntgenstrålning för a, De Broglie-våglängd för b. Fysika: Fd3 (väteliknande energinivåer, fotonenergi, Moseleys lag, de Broglie-våglängden), Te (E_H , h , c) och $T k1$ (bindningsenergi för guld).

Ledtråd 2

K_α är övergången $L \rightarrow K$ ($n = 2 \rightarrow 1$). En elektron i L -skalet ser kärnans laddning Ze avskärmd av den kvarvarande K -elektronen, alltså ungefär $(Z - 1)e$. Behandla den som ett väteliknande system och sätt $hc/\lambda = E_2 - E_1$.

Ledtråd 3

För b: för att K_α ska uppstå måste det först slås ut en elektron ur K -skalet. Elektronerna behöver alltså minst K -skalets bindningsenergi, och minst energi betyder **längst** våglängd.

Lösning

Samma uppgift som **augusti 2024** uppgift 6.

a) K_α -strålning uppstår när en elektron i K -skalet frigörs och en elektron i L -skalet tar den lediga platsen i K -skalet genom att emittera en K_α -foton. För en elektron i L -skalet kan vi då räkna på ett väteliknande system med en laddning $(Z - 1)e$ i centrum. Då ges energinivåerna av

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

Fysika: Fd3 (energinivåer för väte och väteliknande system)

och den emitterade fotonens våglängd måste motsvara energiskillnaden mellan de två tillstånden:

$$\frac{hc}{\lambda} = E_2 - E_1 = E_H(Z-1)^2 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right)$$

$$\Rightarrow \lambda^{-1} = \frac{3}{4} \frac{E_H}{hc} (Z-1)^2$$

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

Konstanten a ges alltså av

$$a = \frac{3}{4} \frac{E_H}{hc} = \frac{3}{4} \cdot \frac{13,60569 \cdot 1,602177 \cdot 10^{-19}}{6,626070 \cdot 10^{-34} \cdot 299\,792\,458}$$

$$= 8,2303 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$$

Fysika: Te (E_H, e, h, c)

Svar: $a = 8,2303 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$, samma värde som Fysika anger för Moseleys lag ($8,23 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$, Fysika: Fd3).

b) Bindningsenergin för en elektron i K -skalet i guld är 80 724 eV:

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

De infallande elektronerna måste ha minst den energimängden, så den längsta de Broglie-våglängden hör till den minsta rörelseenergin:

$$\lambda_{\max} = \frac{h}{\sqrt{2m_e K_{\min}}}$$

Fysika: Fd3 (de Broglie-våglängden $\lambda = h/\sqrt{2mK}$)

$$\lambda_{\max} = \frac{6,62607 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 9,10938 \cdot 10^{-31} \cdot 80\,724 \cdot 1,602177 \cdot 10^{-19}}}$$

$$= 4,317 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

Fysika: Te (h, m_e, e)

Svar: $\lambda_{\max} \approx 4,32 \text{ pm}$

i Får man räkna klassiskt här?

80,7 keV är 16 % av elektronens viloeenergi 511 keV, så den klassiska formeln är bara en approximation. Relativistiskt, med $pc = \sqrt{K^2 + 2Kmc^2}$ (härlett ur *Fysika: Fd1*, $p = \gamma mv$ och $K = mc^2(\gamma - 1)$), blir våglängden 4,16 pm. Tentan och Fysikas formel $\lambda = h/\sqrt{2mK}$ räknar klassiskt.

Kontrollerat mot facit. Facit sätter in elektronmassan som $9,01938371 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ i stället för $9,10938 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ och får därför 4,3381 pm; med rätt massa blir det 4,317 pm, som facit för augusti 2024 också räknar fram.

Se även

- F0005T — kurssidan med alla tentor
- Harmonisk våg · Fashastighet och partikelhastighet · Fas och faskonstant · Fraunhoferdiffraktion · Diffraktion · Interferens · Superposition av vågor
- Energi och effekt i en harmonisk våg · Elektromagnetiska vågor
- Bohrs modell för väteatomen · Moseleys lag · Röntgenstrålning · De Broglie-våglängd