

F0005T-2024-08-30

19 okt. 2026, 15 min läsning

UTKAST

#tenta #fysik #vågrörelse #modern-fysik

Kurs: F0005T — Fysik 2 **Datum:** 2024-08-30 **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):

- partikelrörelsen i två punkter på en sträng: frekvens, våglängd och faskonstant (1), samma uppgift som [oktober 2023](#) uppgift 1
- dubbelspalt: spaltbredd och spaltavstånd ur ett ljusmönster mot en linjal (2)
- tre högtalare i rad: avståndet som ger minimum och ljudnivån där (3), samma uppgift som [maj 2023](#) uppgift 2

MOF (uppgift 4–6):

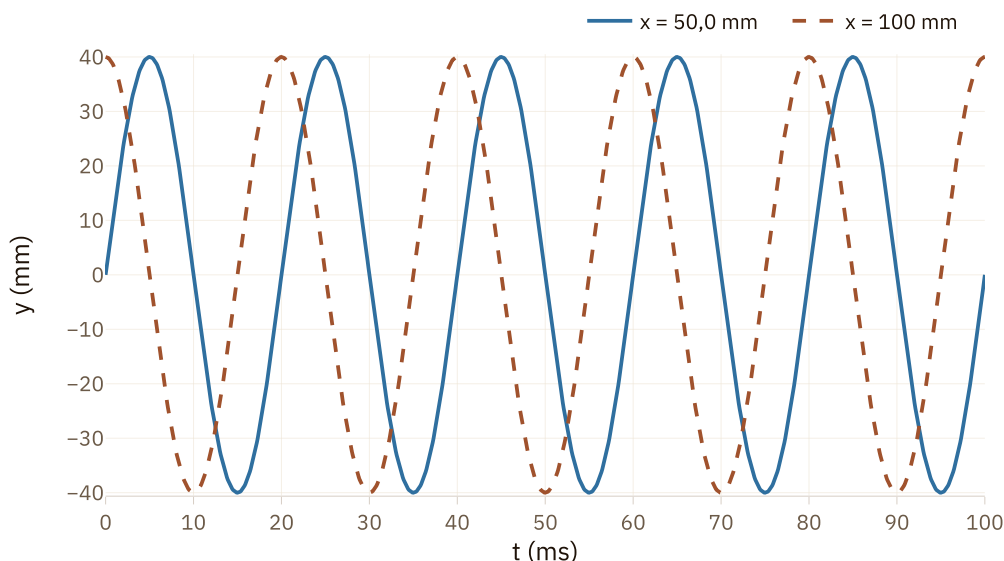
- en stjärnas spektrum och hur långt bort en satellit med solpaneler kan vara (4), samma uppgift som [oktober 2023](#) uppgift 4
- omloppstiden för elektronen i Bohrs väteatom (5), samma uppgift som [mars 2023](#) uppgift 5
- Moseleys lag ur Bohrs modell och elektroner som ska ge K_α från guld (6), samma uppgift som [mars 2023](#) 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. Två punkter på en sträng: frekvens, våglängd och faskonstant

En transversell våg propagerar i negativ x -riktning längs en sträng. I figuren nedan kan du se hur två punkter på strängen rör sig i tiden, avståndet mellan punkterna är mindre än en våglängd. Bestäm den propagerande vågens frekvens, våglängd och faskonstant. Utgå från att vågen ska beskrivas med en sinus-funktion och ange ett värde på faskonstanten mellan 0 och 2π .



Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Harmonisk våg och Fas och faskonstant, avläst ur två tidsserier. Fysika: Fc1 (propagerande harmonisk våg, $T = 1/f$, $k = 2\pi/\lambda$, $v = f\lambda$).

Ledtråd 2

Avståndet mellan två toppar i samma kurva är periodtiden T . Vågen går åt $-x$, så den når $x = 100 \text{ mm}$ först och $x = 50 \text{ mm}$ en stund senare: tidsförskjutningen mellan kurvorna och avståndet 50 mm ger farten.

Ledtråd 3

Skriv $y = a \sin(kx + \omega t + \alpha)$ (plus för $-x$ -riktning) och sätt in en topp du känner exakt, till exempel den streckade kurvans topp vid $t = 20 \text{ ms}$, där sinus är 1.

 Lösning

Samma uppgift som **oktober 2023** uppgift 1.

Frekvensen. Vi kan avläsa periodtiden ur figuren (avståndet mellan två toppar i samma kurva) och få frekvensen på det sättet:

$$T = 20 \text{ ms} \Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,020} = 50 \text{ Hz}$$

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

Våglängden. För att bestämma våglängden måste vi först bestämma vågens hastighet. Vågen propagerar i negativ x -riktning, så en topp passerar först $x = 100 \text{ mm}$ (streckad kurva, $t = 0$) och sedan $x = 50 \text{ mm}$ (heldragen kurva, $t = 5 \text{ ms}$). Vi läser alltså från den streckade till den heldragna kurvan, åt höger i grafen eftersom tiden ökar:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0,05 \text{ m}}{0,005 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$$

Det ger oss våglängden

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{10}{50} = 0,20 \text{ m}$$

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

Avståndet 50 mm är mindre än $\lambda = 200 \text{ mm}$, som uppgiften kräver. (Med $\Delta t = 25 \text{ ms}$ i stället blir $\lambda = 40 \text{ mm}$, mindre än avståndet, så den tolkningen faller bort.)

Faskonstanten. Vi utgår från följande våg, med plustecken för utbredning i negativ x -riktning:

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

Fysika: Fc1 (propagerande harmonisk våg, $s = a \cos(\omega t \pm kx + \delta)$; sinus i stället för cosinus ändrar bara faskonstantens värde)

Då $x = 100 \text{ mm}$ och $t = 20 \text{ ms}$ är sinusfunktionen lika med 1, vilket ger oss

$$kx + \omega t + \alpha = \frac{\pi}{2}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi}{0,20} \cdot 0,100 - 2\pi \cdot 50 \cdot 0,020 = -\frac{5\pi}{2}$$

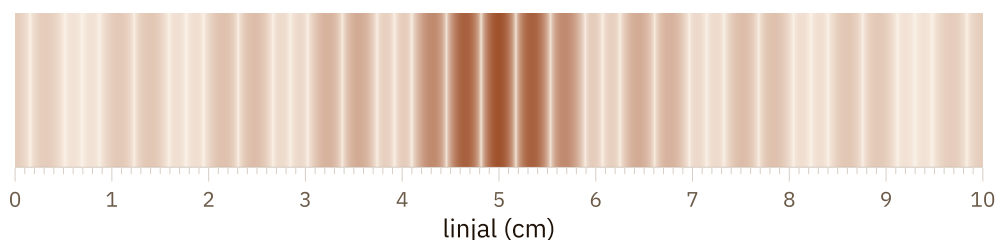
Lägg till 4π för att få ett värde mellan 0 och 2π : $\alpha = 3\pi/2$. Kontroll med den heldragna kurvan: $y(50 \text{ mm}, 0) = 40 \sin(\pi/2 + 3\pi/2) = 0$, och y ökar därefter, som i figuren.

Svar: $f = 50 \text{ Hz}$, $\lambda = 0,20 \text{ m}$ och $\alpha = \frac{3}{2}\pi$.

Kontrollerat mot facit.

2. Dubbelspalt: spaltbredd och spaltavstånd ur mönstret

En laserstråle med våglängden 633 nm träffar en dubbelspalt och $3,65 \text{ m}$ bakom dubbelspalten ses ljusmönstret i figuren, linjalen visar längden i cm. Beräkna spaltbredden och spaltavståndet. Var tydlig med att redovisa vilka mått du utgått från.



(Tentans figur är en bild av mönstret ovanför en linjal. Här är den ritad om ur lärarens modell för dubbelspalten, med spaltmått avlästa i originalbilden; håll muspekaren över mönstret för läget i cm.)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Dubbelspaltexperimentet och **Fraunhoferdiffraction**: interferensränder från två spalter under enkelspaltens diffraktionsmönster. *Fysika: Fc5* (dubbelspalt, villkor för interferensmaxima och diffraktionsminima).

Ledtråd 2

Två längdskalor syns i mönstret. De täta ränderna har avståndet $\Delta y = \lambda L/d$ (spaltavståndet d). Det breda centrala området slutar vid det första diffraktionsminimumet, $y_1 = \lambda L/b$ (spaltbredden b). Små vinklar: $\sin \theta \approx \tan \theta = y/L$.

Ledtråd 3

Mät över flera ränder och dela, så blir avläsningen noggrannare. Räkna de ljusa ränderna i det centrala området: om den tredje ordningen saknas (sammanfaller med diffraktionsminimumet) är $d = 3b$, en bra kontroll.

Lösning

Läraren går igenom uppgiften på seminarium 3 och ger bara svaren i facit, så lösningsgången nedan är egen.

Avläsning. Mönstrets mitt ligger vid 5,00 cm på linjalen. Måtten nedan är avlästa i originalbilden:

- Det centrala ljusa området sträcker sig från ungefär 3,93 till 6,07 cm, alltså $2y_1 = 2,14$ cm och $y_1 = 10,7$ mm från mitten till första diffraktionsminimum.
- Inom det området ligger fem ljusa ränder. Den tredje mörka randen på var sida om mitten ligger vid 4,11 och 5,91 cm; mellan dem ryms fem randavstånd: $5\Delta y = 1,80$ cm, så $\Delta y = 3,59$ mm.

Spaltbredden. Första diffraktionsminimum ($m = 1$) ligger där

$$b \sin \theta = \lambda, \quad \sin \theta \approx \frac{y_1}{L}$$

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

$$b = \frac{\lambda L}{y_1} = \frac{633 \cdot 10^{-9} \cdot 3,65}{10,7 \cdot 10^{-3}} = 0,216 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

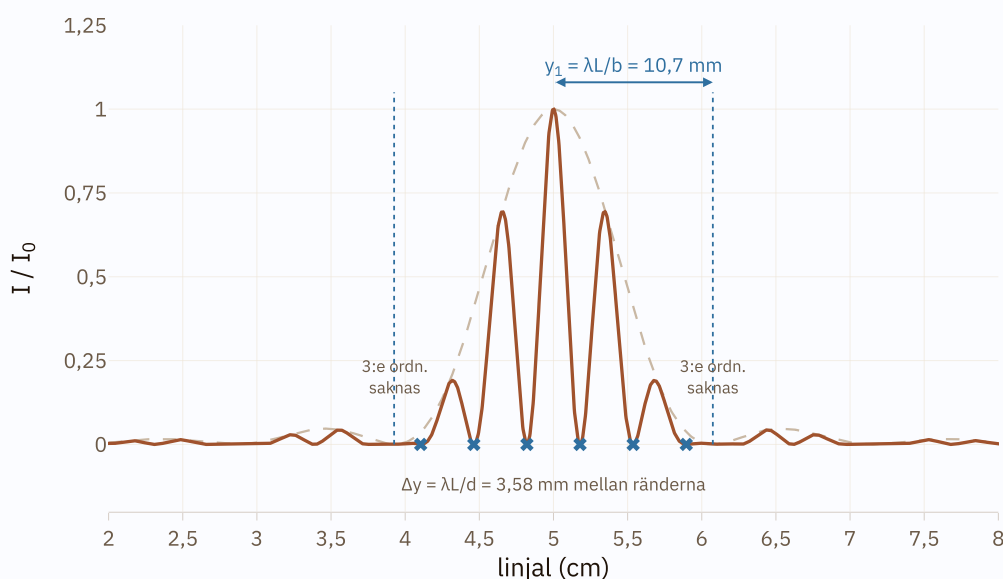
Spaltavståndet. Interferensmaxima ligger där $d \sin \theta = m\lambda$, så två grannränder skiljer $\Delta y = \lambda L/d$:

$$d = \frac{\lambda L}{\Delta y} = \frac{633 \cdot 10^{-9} \cdot 3,65}{3,59 \cdot 10^{-3}} = 0,644 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

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

Svar: spaltbredden $b \approx 0,21 \text{ mm}$ och spaltavståndet $d \approx 0,64 \text{ mm}$.

Kontroll. Den tredje interferensordningen hamnar vid $3\Delta y = 10,8 \text{ mm}$, alltså precis på det första diffraktionsminimumet, och syns inte. Då ska $d = 3b$: $0,644/0,216 = 2,98$.



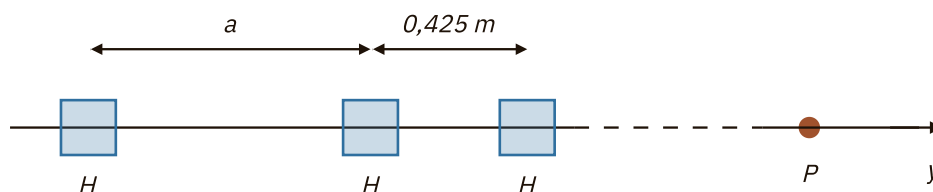
❗ Varför mäta de mörka ränderna?

De ljusa rändernas toppar förskjuts något in mot mitten, eftersom enkelspaltens envelopp lutar under dem. De mörka ränderna är nollställen i $\cos^2$ -faktorn och ligger exakt på $(m + \frac{1}{2})\Delta y$, oavsett envelopp. Mäter man topp till topp mellan ordning -2 och $+2$ får man $\Delta y \approx 3,4 \text{ mm}$ och $d \approx 0,68 \text{ mm}$, några procent för stort.

Svaret kontrollerat mot facit; lösningsgången är egen. Facit påpekar att den tredje interferensordningen ser ut att sammanfalla med det första diffraktionsminimumet, vilket stämmer med faktorn 3 mellan spaltavstånd och spaltbredd.

3. Tre högtalare och minimal ljudintensitet

Tre högtalare är kopplade till samma tongenerator och sänder ut ljud med frekvensen 200 Hz. De är placerade längs y -axeln enligt figuren. Ljudet detekteras i en punkt P på y -axeln långt borta och ljudintensiteten från varje högtalare för sig är $20,0 \text{ mW/m}^2$ i den punkten. Ljudhastigheten är 340 m/s.



- a) Beräkna det kortaste avståndet a som ger minimal ljudintensitet i punkten P . (1,5p)
- b) Vilken blir den resulterande ljudintensitetsnivå i P utifrån avståndet beräknat i uppgift a? (1,5p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Superposition av vågor med visare, och Ljudintensitet och ljudnivå. Fysika: Fc1 ($k = 2\pi/\lambda$), Fc1a (superposition) och Fc2 (intensitet $I \propto a^2$, ljudintensitetsnivå).

Ledtråd 2

Alla tre vågorna har samma amplitud i P . Den som startar längre bort ligger efter i fas med k gånger extrasträckan. Rita tre lika långa visare och addera dem; intensiteten är proportionell mot summans längd i kvadrat.

Ledtråd 3

$\lambda = 1,70 \text{ m}$, så $0,425 \text{ m}$ är en kvarts våglängd: de två närmaste visarna står vinkelrätt och ger summan $\sqrt{2}$. Den tredje visaren har bara längden 1, så den kan inte släcka ut allt; minimum är när den pekar rakt mot summan av de två andra.

 Lösning

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

Samma uppgift som **maj 2023** uppgift 2.

a) Våglängden och vågtalet är

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{200} = 1,70 \text{ m}, \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

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

Numrera högtalarna 1, 2, 3 från vänster. Punkten P ligger långt bort på samma linje, så vågen från högtalare 2 går 0,425 m längre än vågen från högtalare 3, och vågen från högtalare 1 går $a + 0,425$ m längre. Med vågen från 3 som referens ligger de andra efter i fas med

$$\Delta\varphi_2 = k \cdot 0,425 = \frac{2\pi \cdot 0,425}{1,70} = \frac{\pi}{2}$$

$$\Delta\varphi_1 = \frac{\pi}{2} + ka$$

Alla tre har samma amplitud A i P , eftersom intensiteterna var för sig är lika. Visarna för 3 och 2 står vinkelrätt mot varandra, så deras summa har längden $\sqrt{2}A$ och ligger 45° efter visare 3:

Fysika: Fc1a (superposition: $a^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \cos \Delta\varphi$ med $\Delta\varphi = 90^\circ$)

Intensiteten blir minst när visare 1 pekar rakt mot den summan, alltså ligger 180° från den: $\pi/4 + \pi = 5\pi/4$ efter visare 3.

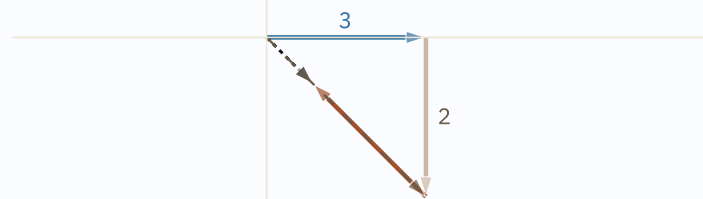
$$\frac{\pi}{2} + ka = \frac{5\pi}{4} \Rightarrow ka = \frac{3\pi}{4}$$

$$\Rightarrow a = \frac{3\lambda}{8} = \frac{3 \cdot 1,70}{8} = 0,6375 \text{ m}$$

Svar: $a \approx 0,638 \text{ m}$ (eller 0,638 m plus ett helt antal våglängder).

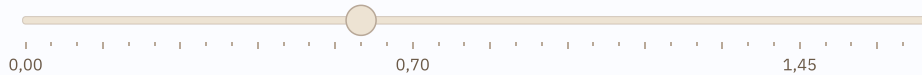
Dra i reglaget för a och se hur visare 1 vrider sig. Intensiteten och ljudnivån i P står nederst:

Varje visare har längden 1 (20,0 mW/m² var för sig). Minimum när 1 pekar mot 2 + 3.



$$I_p = |\text{summa}|^2 \cdot 20,0 \text{ mW/m}^2 = 3,43 \text{ mW/m}^2, L = 95,4 \text{ dB}$$

a (m) = 0,6375



b) Vid minimum är den resulterande amplituden $(\sqrt{2} - 1)A$. Intensiteten är proportionell mot amplituden i kvadrat:

$$I = (\sqrt{2} - 1)^2 \cdot 20,0 \text{ mW/m}^2 = 0,1716 \cdot 20,0 = 3,43 \text{ mW/m}^2$$

Fysika: Fc2 (intensitet $I = \frac{1}{2}\rho v \omega^2 a^2$, alltså $I \propto a^2$)

Ljudintensitetsnivån blir

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{3,43 \cdot 10^{-3}}{1,0 \cdot 10^{-12}} = 95,35 \text{ dB}$$

Fysika: Fc2 (ljudintensitetsnivå, $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$)

Svar: $L_I \approx 95,4 \text{ dB}$

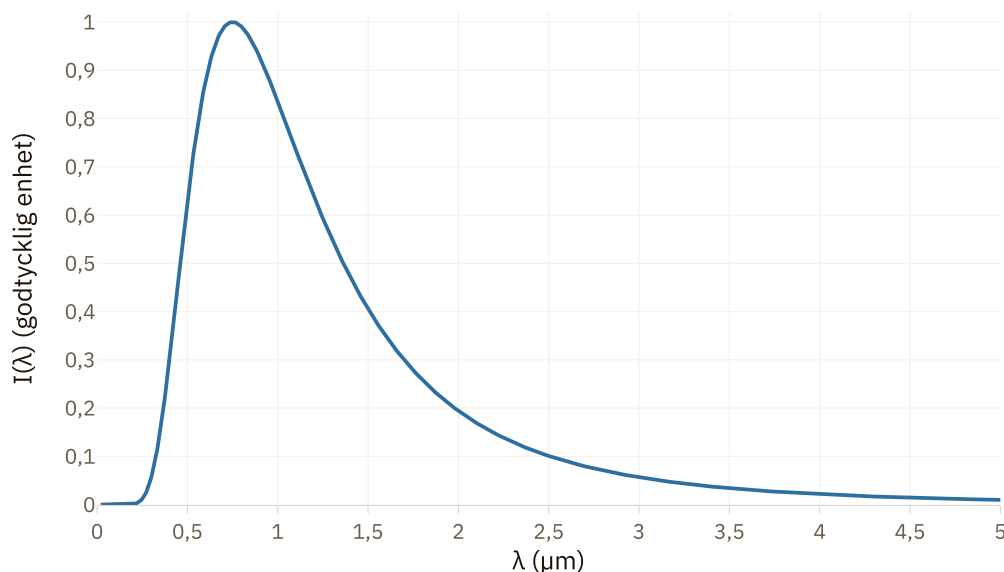
Varför blir det inte tyst?

Tre lika långa visare kan bara ta ut varandra helt om de bildar en liksidig triangel, med 120° mellan varje. Här är vinkeln mellan visare 3 och 2 låst till 90° av avståndet $0,425 \text{ m}$, så bara visare 1 kan vridas. Bästa resultatet är att dra bort 1 från $\sqrt{2}$.

Svaret kontrollerat mot facit; lösningsgången är egen.

4. Stjärnan och satellitens solpaneler

Den spektrala emittansen från en stjärna ses i figuren nedan, stjärnan har en diameter på $3,0 \text{ Gm}$. En forskningssatellit ska placeras i omloppsbana runt stjärnan. Satelliten är utrustad med 24 m^2 solpaneler som har en verkningsgrad på 19% . Om satelliten behöver producera $2,50 \text{ kW}$ för att all utrustning ombord ska fungera, hur långt från stjärnan får satelliten maximalt befinna sig?



Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Svartkroppsstrålning: Wiens förskjutningslag ger temperaturen och Stefan-Boltzmanns lag den utstrålade effekten. Fysika: Fd4 (Wien, Stefan-Boltzmann), Fc2 (intensitet $I = P/(4\pi r^2)$) och Te (σ).

Ledtråd 2

Läs av våglängden där kurvan har sitt max; skalan på I -axeln spelar ingen roll. Kedjan: $T = b/\lambda_{\max}$, sedan $P = \sigma T^4 \cdot 4\pi r^2$ från hela stjärnytan, sedan $I = P/(4\pi d^2)$ vid satelliten och sist $P_{\text{el}} = IA\eta$.

Ledtråd 3

Diametern är 3,0 Gm, så radien är $r = 1,5$ Gm. 4π förkortas, så $I = \sigma T^4 (r/d)^2$, och d blir det enda okända.

Lösning

Samma uppgift som oktober 2023 uppgift 4.

Vi kan avläsa vid vilken våglängd som stjärnan strålar som mest, $\lambda_{\max} = 0,75 \mu\text{m}$, och bestämma yttemperaturen med Wiens förskjutningslag:

$$\lambda_{\max} T = b \Rightarrow T = \frac{b}{\lambda_{\max}} = \frac{2,8978 \cdot 10^{-3}}{0,75 \cdot 10^{-6}} = 3864 \text{ K}$$

Fysika: Fd4 (Wiens förskjutningslag, $b = 2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$)

Den totalt utstrålade effekten från stjärnan ges då av

$$P_{\text{stjärna}} = \sigma T^4 \cdot 4\pi r^2$$

där r är stjärnans radie.

Fysika: Fd4 (Stefan-Boltzmanns lag, $I(T) = \sigma T^4$), $Te(\sigma)$

Vid satelliten, på avståndet d från stjärnan, har den strålningen intensiteten

$$I = \frac{P_{\text{stjärna}}}{4\pi d^2} = \sigma T^4 \frac{r^2}{d^2}$$

Fysika: F_c2 (intensitet $I = P/(4\pi r^2)$)

Satelliten kan då producera effekten

$$P = IA\eta = \sigma T^4 \frac{r^2}{d^2} A\eta$$

Vi löser ut det sökta avståndet d :

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{\sigma T^4 r^2 A\eta}{P}} \\ &= \sqrt{\frac{5,670374 \cdot 10^{-8} \cdot 3864^4 \cdot (1,5 \cdot 10^9)^2 \cdot 24 \cdot 0,19}{2500}} \\ &= 228 \text{ Gm} \end{aligned}$$

Svar: $d \approx 2,3 \cdot 10^{11} \text{ m}$

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:* F_d3 (banradie för väte), F_e1 (Coulombs lag), F_b4 (centripetalacceleration) och T_e (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

Samma uppgift som **mars 2023** uppgift 5, där facit bara ger svaret.

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. Facit anger svaret $0,1512 \text{ fs}$, 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 avskärmad 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 mars 2023 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. Facits uträkning ger 4,3168 pm, men svarsraden anger 4,3381 pm, som är svaret i *mars 2023* där elektronmassan sattes in fel; rätt svar är 4,32 pm.

Se även

- F0005T — kurssidan med alla tentor
- Harmonisk våg · Fas och faskonstant · Dubbelspaltexperimentet · Fraunhoferdiffraktion · Superposition av vågor · Fasordigram · Ljudintensitet och ljudnivå
- Svartkroppsstrålning · Wiens förskjutningslag · Stefan-Boltzmanns lag
- Bohrs modell för väteatomen · Moseleys lag · Röntgenstrålning · De Broglie-våglängd