

F0005T-2024-05-23

19 okt. 2026, 15 min läsning

UTKAST

#tenta #fysik #vågrörelse #modern-fysik

Kurs: F0005T — Fysik 2 **Datum:** 2024-05-23 **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 vid två tidpunkter: riktning, partikelrörelse, frekvens och faskonstant (1)
- en högtalare över ett golv: interferens mellan direkt och reflekterat ljud (2)
- transmitterat ljus genom en glasskiva vid Brewstervinkeln: visibilitet (3)

MOF (uppgift 4–6):

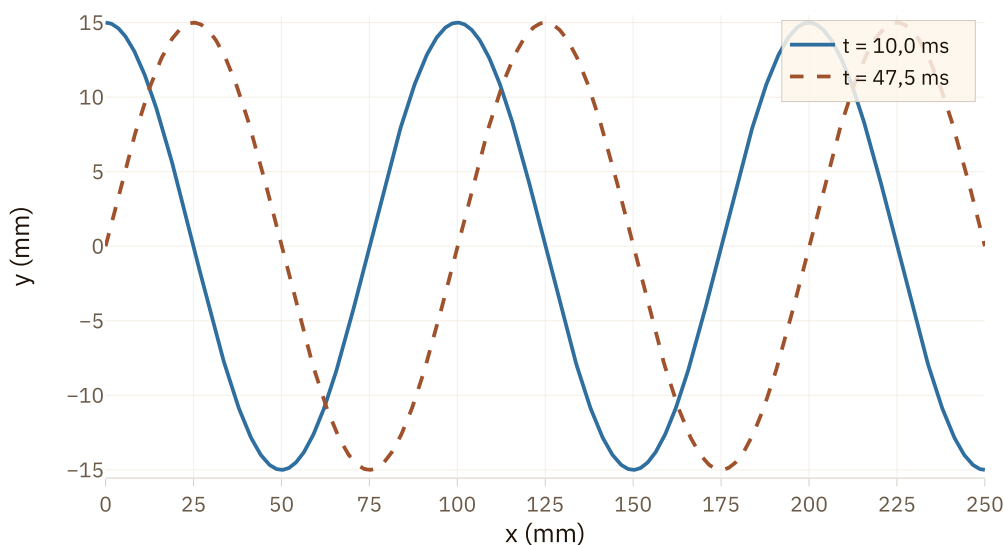
- natrium och kalcium ur det periodiska systemet: atomavstånd, elektronkonfiguration, elektronkoncentration och densitet (4)
- en varmare sol: hur mycket energi jorden tar emot under ett dygn (5)
- Bohrs atommodell: kinetisk energi, de Broglie-våglängd och omkrets (6)

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

Nedan ses en propagerande våg på en sträng vid två olika tidpunkter. Tidsskillnaden mellan tiderna är större än en halv periodtid men mindre än en hel periodtid.



- I vilken riktning propagerar vågen? Motivera ditt svar. (0,5p)
- I vilken riktning rör sig en punkt på strängen vid x-koordinaten 75 mm och tidpunkten 10 ms? (0,5p)
- Bestäm frekvensen. (1p)
- Låt vågen beskrivas med en cos-funktion och bestäm faskonstanten. (1p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Harmonisk våg, Fashastighet och partikelhastighet och Fas och faskonstant: allt läses av i figuren. Fysika: Fc1 (propagerande harmonisk våg, $k = 2\pi/\lambda$, $\omega = 2\pi f$, $v = f\lambda$).

Ledtråd 2

Följ en topp från den heldragna kurvan (10,0 ms) till den streckade (47,5 ms). Den kan ha flyttat sig 25 mm åt höger eller 75 mm åt vänster (plus hela våglängder). Bara den ena förflyttningen är mellan en halv och en hel våglängd, som villkoret på tiden kräver.

Ledtråd 3

När du vet riktningen ger $v = |\Delta x|/\Delta t$ farten och $f = v/\lambda$ frekvensen. För d: en våg i $-x$ -riktning skrivs $y = a \cos(kx + \omega t + \alpha)$; sätt in en punkt där du vet värdet på cosinus, till exempel en dal vid $t = 10$ ms.

Lösning

a) Toppen vid $x = 100$ mm (heldragen kurva) kan ha flyttat sig till 125 mm eller till 25 mm. Åt höger är det 25 mm, en kvarts våglängd, vilket betyder en kvarts period: för lite. Åt vänster är det 75 mm, tre fjärdedels våglängd: längre än en halv men kortare än en hel, som villkoret kräver.

Svar: vågen propagerar i **negativ x-riktning**, eftersom den har hunnit längre än en halv våglängd men kortare än en hel.

b) Vid $t = 10$ ms ligger $x = 75$ mm på en uppåtgående sluttning mellan dalen vid 50 mm och toppen vid 100 mm. Vågformen flyttar sig åt vänster, så toppen till höger om punkten är på väg in.

Svar: punkten rör sig **uppåt**, i positiv y -riktning.

c) Vågens fart är förflyttningen delad med tiden mellan bilderna:

$$v = \frac{|\Delta x|}{\Delta t} = \frac{0,150 - 0,075}{0,0475 - 0,010} = 2,00 \text{ m/s}$$

Våglängden läses av i figuren till $\lambda = 100$ mm:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{2,00}{0,100} = 20,0 \text{ Hz}$$

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

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

d) En våg i negativ x -riktning beskrivs med

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

Fysika: Fc1 (propagerande harmonisk våg $s = a \cos(\omega t \pm kx + \delta)$, plustecknet för $-x$ -riktning)

Vid $t = 0,010$ s ligger en dal vid $x = 0,050$ m, där cosinus är -1 :

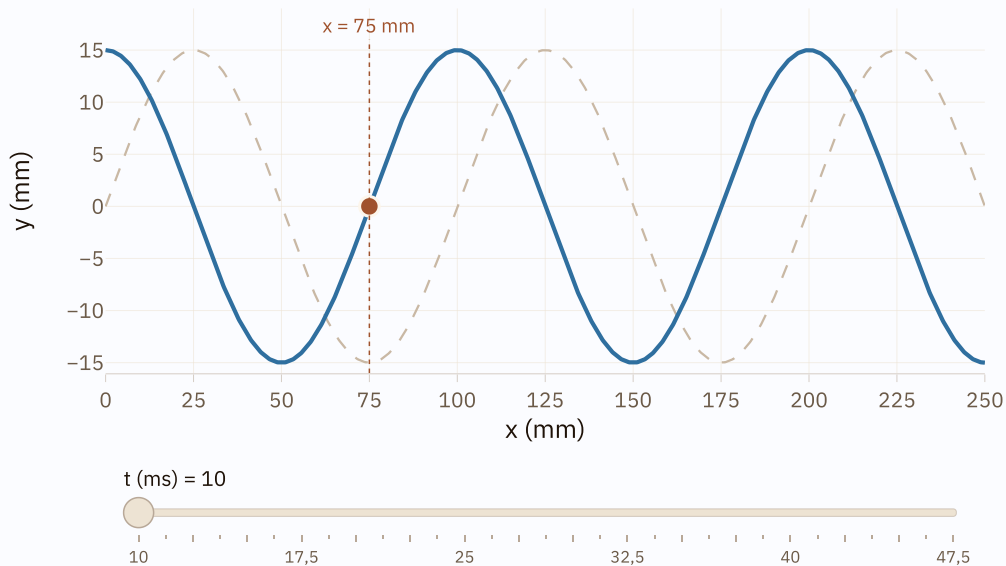
$$kx + \omega t + \alpha = \pi$$

$$\Rightarrow \alpha = \pi - \frac{2\pi}{0,1} \cdot 0,05 - 2\pi \cdot 20 \cdot 0,01 = -0,4\pi$$

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

Svar: $\alpha = -\frac{2}{5}\pi$

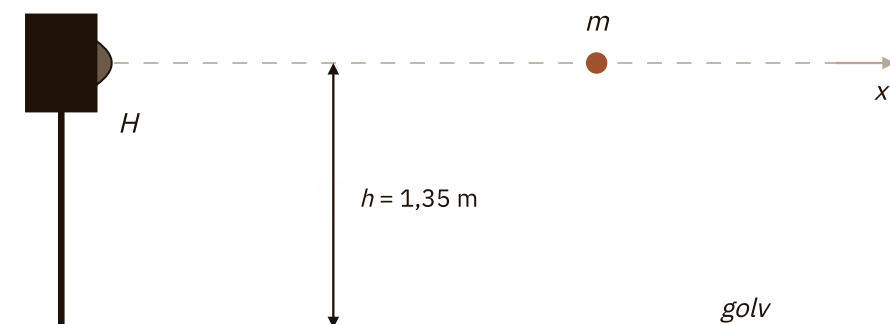
Dra i reglaget från 10 till 47,5 ms: punkten vid $x = 75$ mm börjar gå uppåt, och vågen vandrar 75 mm åt vänster tills den ligger på den streckade bilden.



Kontrollerat mot facit.

2. Högtalaren över golvet

En högtalare H är placerad $h = 1,35 \text{ m}$ ovanför ett golv. Högtalaren sänder ut en ljudvåg med en frekvens på $f = 1,10 \text{ kHz}$. Ljudhastigheten är 340 m/s . Hur långt från högtalaren ska en mikrofon m föras längs x -axeln för att registrera 3 maxima i ljudnivån?



Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Interferens mellan två vågor från samma källa: den direkta och den som **reflekteras** i golvet.
Fysika: $Fc1$ ($k = 2\pi/\lambda$, $v = f\lambda$) och $Fc4a$ (interferens mellan två vågor).

Ledtråd 2

Den reflekterade vågen kommer som från en spegelbild av högtalaren, h under golvet. Vägskillnaden till mikrofonen på avståndet x är $\Delta l = \sqrt{x^2 + 4h^2} - x$. Fassettskillnaden är $k\Delta l$ plus fassettskillnad π som kursen räknar med vid reflektionen, och max kräver ett helt antal 2π .

Ledtråd 3

Vägskillnaden är störst vid $x = 0$ ($2h$) och går mot noll långt bort. Räkna ut hur många hela 2π fassettskillnaden rymmer vid $x = 0$: det ger ordningen n för det första maximum när mikrofonen förs ut. Det tredje maximum har två ordningar lägre.

Lösning

Våglängden är

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{1100} = 0,309091 \text{ m}$$

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

Den ena vågen går direkt till mikrofonen och den andra reflekteras mot golvet. Skillnaden i väg ges av

$$\Delta l = \sqrt{x^2 + 4h^2} - x$$

Fasskillnaden blir då, med fasskiftet π på grund av reflektionen:

$$\Delta\beta = k\Delta l + \pi$$

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

Om fasskiftet vid golvet

Läraren räknar med fasskiftet π , som gäller för luftens förskjutning vid en hård yta. Trycket, som en mikrofon mäter, vänder däremot inte fas vid ett hårt golv (Fysika: Fc2, reflektion av akustiska vågor). Utan fasskiftet byter maxima och minima plats, och det tredje maximum hamnar vid $x \approx 1,04 \text{ m}$. På tentan följer man kursens modell, som här.

För konstruktiv interferens ska fasskillnaden vara ett helt antal 2π :

$$\begin{aligned} k\Delta l + \pi &= n \cdot 2\pi \Rightarrow \Delta l = \frac{\lambda}{2}(2n - 1) \\ \Rightarrow \sqrt{x^2 + 4h^2} &= \frac{\lambda}{2}(2n - 1) + x \end{aligned}$$

Fysika: Fc4a (interferens mellan två vågor, max när $\cos \Delta\varphi = 1$)

Kvadrera båda leden; x^2 tar ut sig:

$$\begin{aligned} x^2 + 4h^2 &= \frac{\lambda^2}{4}(2n - 1)^2 + x^2 + \lambda x(2n - 1) \\ \Rightarrow x &= \frac{4h^2 - \frac{\lambda^2}{4}(2n - 1)^2}{\lambda(2n - 1)} \end{aligned}$$

Största fasskillnaden är vid $x = 0$:

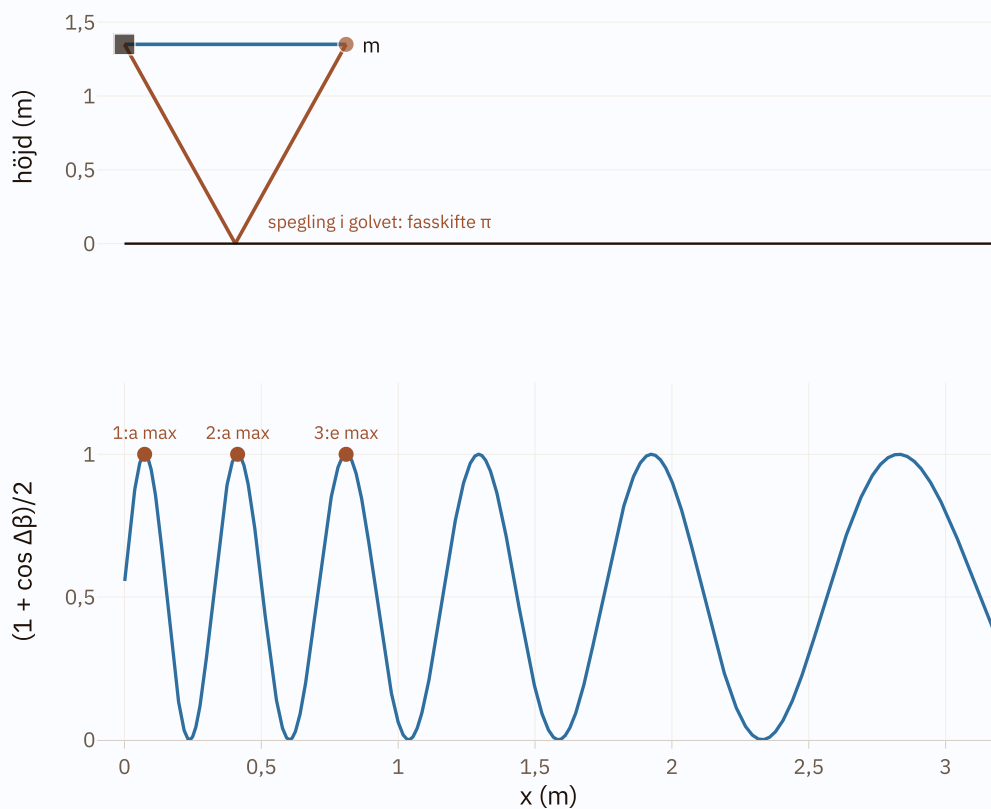
$$\begin{aligned}\Delta\beta &= \frac{2\pi}{\lambda} 2h + \pi = \left(\frac{2 \cdot 1,35}{0,309091} + \frac{1}{2} \right) 2\pi \\ &= 9,235 \cdot 2\pi\end{aligned}$$

Det första maximum när mikrofonen förs ut från högtalaren har alltså $n = 9$, det andra $n = 8$ och det tredje $n = 7$:

$$x = \frac{4 \cdot 1,35^2 - \frac{0,30909^2}{4}(14 - 1)^2}{0,30909(14 - 1)} = 0,8097 \text{ m}$$

Svar: $x \approx 0,810 \text{ m}$

Den övre panelen visar de två vägarna vid tredje maximum, den undre interferensen längs x (för lika starka vågor). Maxima ligger vid 0,074, 0,413 och 0,810 m och glesnar utåt:



❗ Varför glesnar maxima ju längre ut man kommer?

Långt bort är $\Delta l = \sqrt{x^2 + 4h^2} - x \approx 2h^2/x$, som ändras allt långsammare med x . Det krävs då en allt längre sträcka för att vägskillnaden ska ändras en hel våglängd. Längst ut går Δl mot noll och bara fasskiftet π är kvar, så där släcker vågorna ut varandra.

Kontrollerat mot facit.

3. Glasskiva vid Brewstervinkeln

Linjärt polariserat koherent ljus träffar en tunn glasskiva, brytningsindex 1,54, vid Brewstervinkeln och ljusets polarisering ligger vinkelrätt mot infallsplanet. På andra sidan glasskivan bildas ett interferensmönster, vilken visibilitet har det?

Totalpoäng: 3

🔗 Ledtråd 1

Brewsters vinkel och Fresnels formler ger reflektansen, Interferens i tunna skikt och Visibilitet ger mönstret. Fysika: Fc3 (Brewstervinkeln, Fresnels formler) och Fc4a (interferens, visibilitet).

🔗 Ledtråd 2

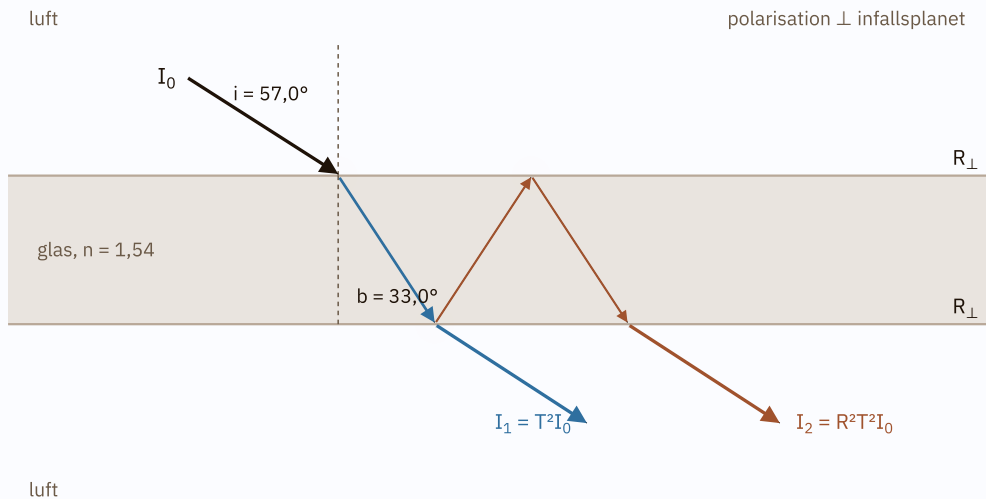
Vid Brewstervinkeln är $\tan i = n$ och $i + b = 90^\circ$. Ljuset är polariserat vinkelrätt mot infallsplanet, så $R_\perp = \sin^2(i - b)/\sin^2(i + b)$ gäller vid båda ytorna. På transmissionssidan interfererar strålen som gått rakt igenom med strålen som reflekterats två gånger inne i skivan.

🔗 Ledtråd 3

Båda strålarna transmitteras genom två ytor: $I_1 = T^2 I_0$. Den andra reflekteras dessutom två gånger: $I_2 = R^2 T^2 I_0$. I visibiliteten förkortas $T^2 I_0$ bort.

 Lösning

Två strålar på transmissionssidan interfererar: I_1 som gått rakt igenom skivan och I_2 som reflekterats en gång vid varje yta innan den gick ut.



Först infallsvinkeln, som är Brewstervinkeln:

$$i = \tan^{-1}(n) = \tan^{-1}(1,54) = 57,00^\circ$$

Fysika: Fc3 (Brewstervinkeln, $\tan \theta_p = n_2/n_1$)

Vid Brewstervinkeln är bruten och reflekterad stråle vinkelräta, så brytningsvinkeln blir

$$b = 90^\circ - i = 90^\circ - 57,00^\circ = 33,00^\circ$$

Reflektansen för ljus polariserat vinkelrätt mot infallsplanet:

$$R_\perp = \frac{\sin^2(i - b)}{\sin^2(i + b)} = \sin^2(57^\circ - 33^\circ) = 0,1654$$

Fysika: Fc3 (Fresnels formler för reflekterat ljus)

Inne i glaset träffar ljuset den undre ytan med vinkeln b , och där är i och b bara ombytta, så reflektansen är densamma. Transmittansen blir

$$T_{\perp} = 1 - R_{\perp} = 0,8346$$

Intensiteten hos strålarna som passerat glasskivan:

$$I_1 = T_{\perp}^2 I_0, \quad I_2 = R_{\perp}^2 T_{\perp}^2 I_0$$

Det är tvåstråleinterferens:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta\beta$$

Fysika: Fc4a (interferens mellan två vågor)

Största och minsta intensitet, med $\cos \Delta\beta = \pm 1$:

$$\begin{aligned} I_{\max} &= T_{\perp}^2 I_0 + R_{\perp}^2 T_{\perp}^2 I_0 + 2R_{\perp} T_{\perp}^2 I_0 \\ I_{\min} &= T_{\perp}^2 I_0 + R_{\perp}^2 T_{\perp}^2 I_0 - 2R_{\perp} T_{\perp}^2 I_0 \end{aligned}$$

Visibiliteten blir då

$$\begin{aligned} V &= \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = \frac{4R_{\perp} T_{\perp}^2}{2T_{\perp}^2 (1 + R_{\perp}^2)} \\ &= \frac{2R_{\perp}}{1 + R_{\perp}^2} = 0,322 \end{aligned}$$

Fysika: Fc4a (visibiliteten)

Svar: $V \approx 0,322$

Varför blir visibiliteten så låg?

Strålarna är olika starka: $I_2/I_1 = R_{\perp}^2 = 0,027$. Visibiliteten $2\sqrt{I_1 I_2}/(I_1 + I_2)$ är 1 bara när strålarna är lika starka. Här är den andra strålen så svag att mönstret mest blir en jämn bakgrund med en liten krusning. Med ljus polariserat **parallellt** med infallsplanet skulle $R_{\parallel} = 0$ och mönstret försvinna helt.

Kontrollerat mot facit.

4. Natrium och kalcium ur periodiska systemet

- Beräkna det kortaste avståndet mellan två atomkärnor i natrium. (1p)
- Ange den fullständiga elektronkonfigurationen för natrium. (0,5p)
- Beräkna den fria elektronkoncentrationen för kalcium. (0,5p)
- Beräkna densiteten för kalcium. (1p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Kristallgitter, Packningstäthet och Elektronkonfiguration. Allt ämnesspecifikt står i *Fysika: T k3* (periodiska systemet: kristallstruktur, gitterkonstant, elektronkonfiguration, atomvikt).

Ledtråd 2

Natrium är BCC och kalcium FCC. I BCC rör atomerna varandra längs kubens rymddiagonal, i FCC längs ytdiagonalen. En BCC-cell innehåller 2 atomer och en FCC-cell 4. Densiteten är massan i en cell delad med cellens volym a^3 .

Ledtråd 3

I a söks avståndet mellan kärnorna, alltså $2r$, inte r . T k3 ger bara valensskalet ($3s^1$) för natrium; de inre skalerna fyller du själv. Kalcium har 2 valenselektroner per atom.

Lösning

a) Natrium har BCC-struktur med gitterkonstanten $a = 4,23 \text{ Å}$. Atomerna rör varandra längs kubens rymddiagonal, som är $\sqrt{3}a$ lång och rymmer $4r$:

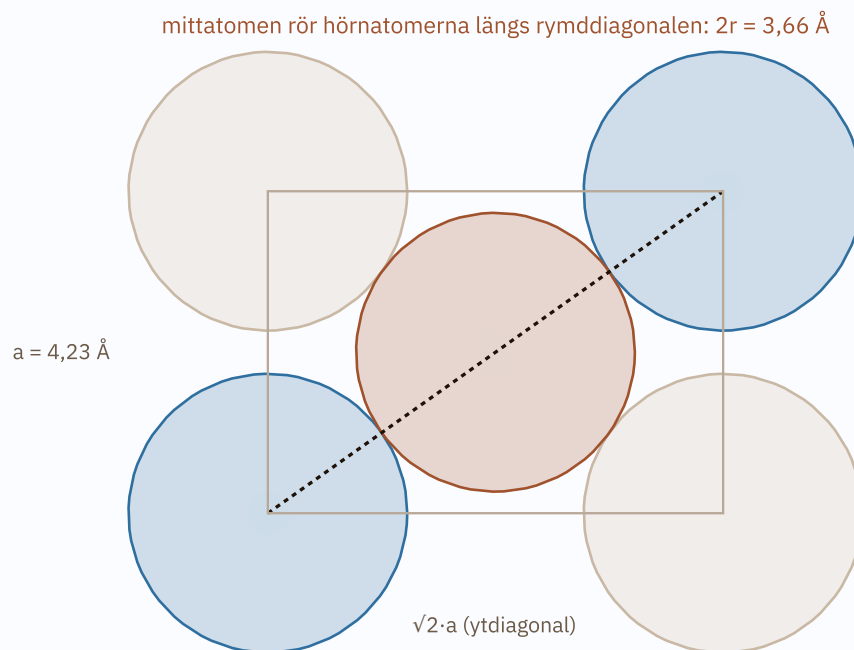
$$(4r)^2 = 3a^2$$

Fysika: T k3 (Na: BCC, $a = 4,23 \text{ Å}$)

Vi söker avståndet $2r$ mellan två kärnor:

$$4r = \sqrt{3} a \Rightarrow 2r = \frac{\sqrt{3}}{2} a = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 4,23 = 3,66 \text{ Å}$$

Svar: $2r = 3,66 \text{ Å}$



b) Natrium har atomnumret 11, så 11 elektroner ska placeras ut i skalerna enligt Pauliprincipen:

Fysika: T k3 (Na: $Z = 11$, valenskonfiguration $3s^1$), Fd3 (Pauliprincipen, kvanttal)

Svar: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

c) Kalcium är FCC med $a = 5,58 \text{ Å}$ och har 2 valenselektroner. Det finns 4 atomer i varje enhetscell, så antalet fria elektroner per kubikmeter är

$$N = \frac{4 \cdot 2}{a^3} = \frac{4 \cdot 2}{(5,58 \cdot 10^{-10})^3} = 4,60 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$$

Fysika: T k3 (Ca: FCC, $a = 5,58 \text{ Å}$, $4s^2$, fri elektronkoncentration $4,60 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$)

Svar: $n = 4,60 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$, samma värde som tabellen.

d) Densiteten är massan av de 4 atomerna i en cell delad med cellens volym:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4M_{\text{Ca}}}{a^3} = \frac{4 \cdot 40,078 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27}}{(5,58 \cdot 10^{-10})^3} = 1532 \text{ kg/m}^3$$

Fysika: T k3 (Ca: atomvikt 40,078 u), Te ($u = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)

Svar: $\rho \approx 1,53 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

Kontrollerat mot facit.

5. Om solen strålade som mest vid 435 nm

Utgå från att vår sol skulle stråla som mest vid våglängden 435 nm men att den har samma dimensioner som vanligt. Hur mycket energi från solen skulle jorden då ta emot under ett dygn?

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Svartkroppsstrålning: Wiens förskjutningslag ger temperaturen och Stefan-Boltzmanns lag effekten. Fysika: $Fd4$, Te (σ); solens och jordens radier och avståndet står i Fysika: $Tj1$.

Ledtråd 2

Kedjan: $T = b/\lambda_m$, sedan solens effekt $P = \sigma T^4 \cdot 4\pi R_s^2$. Den sprids över en sfär med radien d (avståndet sol-jord), och jorden fångar den del som träffar dess tvärsnittsytan πR_j^2 .

Ledtråd 3

Jorden tar emot strålning på tvärsnittet πR_j^2 , inte på halva ytan $2\pi R_j^2$: solljuset kommer från ett håll. Ett dygn är 86 400 s.

Lösning

Läraren går igenom uppgiften på seminarium 5 och ger bara svaret i facit, så lösningsgången nedan är egen.

Solens temperatur ur Wiens förskjutningslag:

$$T = \frac{b}{\lambda_m} = \frac{2,8978 \cdot 10^{-3}}{435 \cdot 10^{-9}} = 6662 \text{ K}$$

Fysika: Fd4 (Wiens förskjutningslag, $\lambda_m T = b$)

Solens totala effekt från hela ytan $4\pi R_s^2$, med solradien $R_s = 6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$:

$$\begin{aligned} P &= \sigma T^4 \cdot 4\pi R_s^2 = 5,670 \cdot 10^{-8} \cdot 6662^4 \cdot 4\pi (6,96 \cdot 10^8)^2 \\ &= 6,80 \cdot 10^{26} \text{ W} \end{aligned}$$

Fysika: Fd4 (Stefan-Boltzmanns lag, $I = \sigma T^4$), Te (σ), T j1 (solens radie)

Effekten som träffar jorden. På avståndet $d = 1,50 \cdot 10^{11} \text{ m}$ är effekten spridd över $4\pi d^2$, och jorden fångar den på sitt tvärsnitt πR_j^2 med $R_j = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$:

$$\begin{aligned} P_j &= P \cdot \frac{\pi R_j^2}{4\pi d^2} = 6,80 \cdot 10^{26} \cdot \frac{(6,37 \cdot 10^6)^2}{4(1,50 \cdot 10^{11})^2} \\ &= 3,065 \cdot 10^{17} \text{ W} \end{aligned}$$

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

Energien under ett dygn:

$$E = P_j \cdot t = 3,065 \cdot 10^{17} \cdot 86\,400 = 2,65 \cdot 10^{22} \text{ J}$$

Svar: $E \approx 2,65 \cdot 10^{22} \text{ J}$

📌 Hur mycket mer än i dag?

Med den verkliga ytemperaturen 5778 K (*Fysika: T j2*) blir samma räkning $1,5 \cdot 10^{22}$ J per dygn. Effekten går som T^4 , och $(6662/5778)^4 = 1,77$: en sol som toppar i blått i stället för grönt skulle ge jorden nästan dubbelt så mycket energi.

Svaret kontrollerat mot facit; lösningsgången är egen. Med jordens medelavstånd $1,496 \cdot 10^{11}$ m ur T j3 blir svaret $2,66 \cdot 10^{22}$ J.

6. Bohrs atommodell och de Broglie-våglängden

En atom med Z protoner är joniserad så att den endast har en elektron kvar. Den befinner sig i tillståndet n .

- Vilken kinetisk energi har elektronen enligt Bohrs atommodell där elektronen ses som en negativt laddad partikel i omloppsbanan runt en positivt laddad atomkärna? Svara med ett uttryck som innehåller Z , n , ϵ_0 , h , m_e och e . (1,5p)
- Vilken de Broglie-våglängd har en elektron med den kinetiska energin du beräknade i uppgift a? (1p)
- Beräkna kvoten l över λ där l är omkretsen på elektronens bana enligt Bohr och λ är de Broglie-våglängden du beräknade i uppgift b. (0,5p)

Totalpoäng: 3

🔥 Ledtråd 1

Bohrs atommodell för Väteliknande system och De Broglie-våglängd. *Fysika: Fe1* (Coulombs lag), *Fb4* (cirkelrörelse), *Fd3* (banradie r_n , de Broglie-våglängden).

🔥 Ledtråd 2

Coulombkraften från kärnan ($+Ze$) är den centripetalkraft som håller elektronen i banan:

$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r_n^2} = m_e \frac{v_n^2}{r_n}$. Det ger $m_e v_n^2$ och därmed K_n uttryckt i r_n . Banradien r_n står i Fysika.

Ledtråd 3

Multipluera kraftekvationen med r_n så får du $m_e v_n^2$ direkt, utan att lösa ut v_n . I b: $\lambda = h/\sqrt{2m_e K}$, och roten går jämnt upp eftersom K_n innehåller kvadrater.

Lösning

a) Kraften som påverkar elektronen är Coulombkraften från kärnan:

$$F_n = k \frac{Ze^2}{r_n^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Ze^2}{r_n^2}$$

Fysika: Fe1 (Coulombs lag)

Newtons andra lag för cirkulär rörelse:

$$F_n = m_e a_n = m_e \frac{v_n^2}{r_n} \Rightarrow m_e v_n^2 = F_n r_n$$

Fysika: Fb4 (naturliga koordinater, $a_n = v_t^2/r$, $\sum F_n = ma_n$)

Den kinetiska energin blir

$$K_n = \frac{1}{2} m_e v_n^2 = \frac{1}{2} F_n r_n = \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r_n}$$

Banradien hämtas ur Fysika:

$$r_n = \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m_e e^2} \frac{n^2}{Z}$$

Fysika: Fd3 (banradie i bana n för väte och väteliknande system)

Insatt:

$$K_n = \frac{1}{8\pi\epsilon_0} Ze^2 \cdot \frac{\pi m_e e^2 Z}{h^2 \epsilon_0 n^2}$$

$$= \frac{Z^2 e^4 m_e}{8h^2 \epsilon_0^2 n^2}$$

Svar: $K_n = \frac{Z^2 e^4 m_e}{8h^2 \epsilon_0^2 n^2}$

b) De Broglie-våglängden:

$$\lambda_n = \frac{h}{p_n} = \frac{h}{\sqrt{2m_e K_n}} = \frac{2h^2 \epsilon_0 n}{Ze^2 m_e}$$

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

Svar: $\lambda_n = \frac{2h^2 \epsilon_0 n}{Ze^2 m_e}$

c) Banans omkrets:

$$l_n = 2\pi r_n = \frac{2h^2 \epsilon_0 n^2}{Zm_e e^2}$$

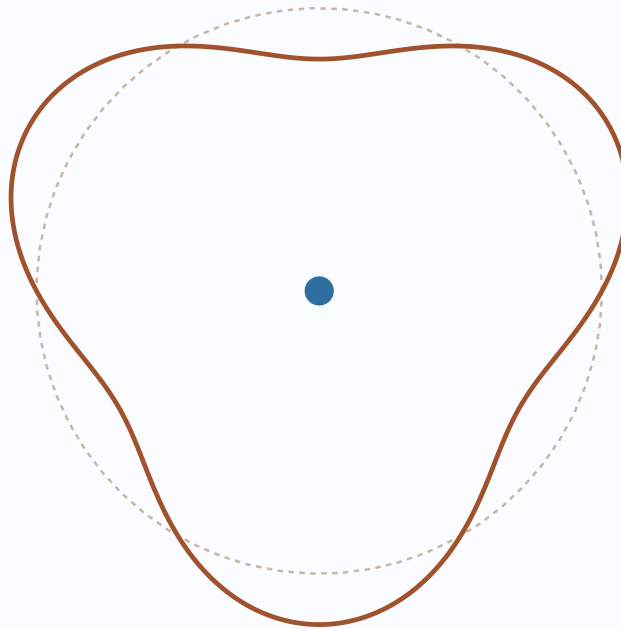
Kvoten blir då

$$\frac{l_n}{\lambda_n} = n$$

Svar: $l_n/\lambda_n = n$

Banan rymmer alltså exakt n de Broglie-våglängder: elektronen är en stående våg runt kärnan.
Dra i reglaget för n :

$$n = 3: l_n = 2\pi r_n = 3 \cdot \lambda_n$$



$n = 3$



Varför är resultatet viktigt?

Bohr postulerade att rörelsemängdsmomentet är kvantiserat, $m_e v r = n h / (2\pi)$, utan att kunna säga varför. De Broglies idé ger skälet: bara banor där vågen går jämnt upp runt kärnan är stabila, annars släcker vågen ut sig själv. Villkoret $2\pi r_n = n \lambda_n$ är samma sak som Bohrs postulat.

Kontrollerat mot facit.

Se även

- **F0005T** — kurssidan med alla tentor

- Harmonisk våg · Fashastighet och partikelhastighet · Fas och faskonstant · Interferens · Reflektion av vågor
 - Brewsters vinkel · Fresnels formler · Interferens i tunna skikt · Visibilitet
 - Kristallgitter · Packningstäthet · Elektronkonfiguration · Svartkroppsstrålning · Wiens förskjutningslag · Stefan-Boltzmanns lag
 - Bohrs atommodell · Väteliknande system · De Broglie-våglängd
-