

F0005T-2024-10-28

19 okt. 2026, 16 min läsning

UTKAST

#tenta #fysik #vågrörelse #modern-fysik

Kurs: F0005T — Fysik 2 **Datum:** 2024-10-28 **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 ståltråd vid två tidpunkter: periodtid, tid mellan bilderna, partikelrörelse och spännkraft (1)
- laserljus genom en glasskiva efter en polarisator: Brewstervinkeln och Fresnels formler (2)
- en högtalare över ett golv: interferensminima och frekvensändring, samma uppställning som [maj 2024](#) uppgift 2 (3)

MOF (uppgift 4–6):

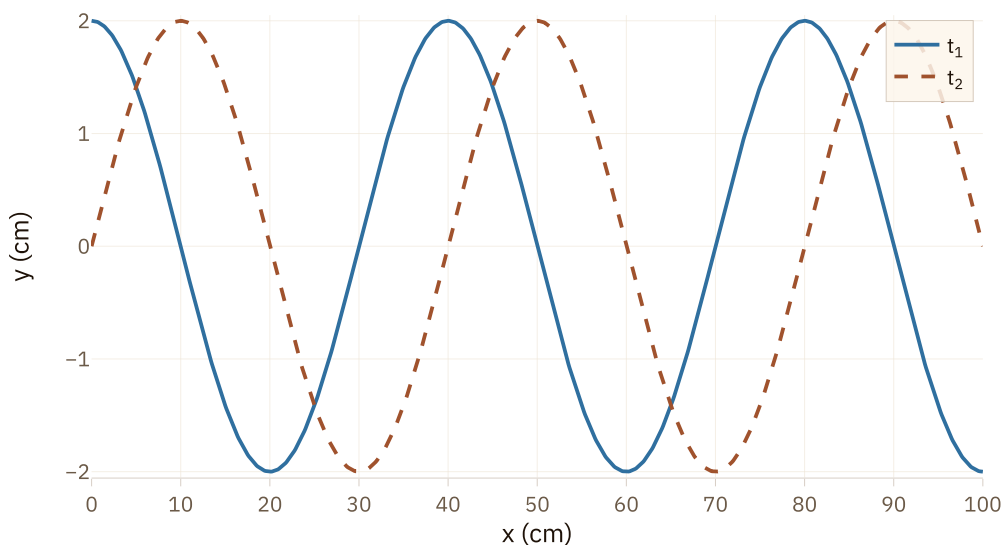
- två stjärnors spektrala emittans och energin som Mars fångar upp från solen (4)
- fotoner från en HeNe-laser och fotoelektrisk effekt mot aluminium och guld (5)
- väte med magnetiska kvanttalet $m = 4$: största energigapet till ett angränsande tillstånd (6)

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 ståltråd

En transversell harmonisk våg som propagerar längs en tråd är avbildad vid två olika tidpunkter enligt figuren nedan. Tiden t_1 är då den första bilden tas och vid tiden t_2 tas den andra bilden.



- Den maximala partikelhastigheten är $12,566 \text{ m/s}$ och den maximala partikelaccelerationen är $7895,7 \text{ m/s}^2$. Hur lång tid tar det för en partikel på tråden att färdas från maximala y -värdet till det minimala y -värdet? (1p)
- Tiden mellan bilderna är längre än en halv periodtid men kortare än en periodtid. Hur lång tid har förflutit mellan bilderna? (0,5p)
- I vilken riktning rör sig en partikel på tråden vid $x = 50 \text{ cm}$ vid tiden t_1 ? Motivera ditt svar. (0,5p)
- Om tråden är gjord av stål och har en diameter på $1,00 \text{ mm}$, med hur stor kraft är tråden uppspänd? (1p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Harmonisk våg, Fashastighet och partikelhastighet och Våghastighet på en sträng. Fysika: Fc1 (harmonisk våg, $\omega = 2\pi f$, $v = f\lambda$, $v_p = ds/dt$) och Fc2a (transversella vågor i sträng); stålets densitet står i Fysika: T g2.

Ledtråd 2

Med $y = A \cos(kx \pm \omega t + \alpha)$ är partikelhastighetens amplitud $A\omega$ och accelerationens $A\omega^2$. Kvoten ger ω direkt, utan att du behöver A . Från topp till dal går det en halv period.

Ledtråd 3

I b: följ en topp från t_1 till t_2 . Åt höger flyttar den sig en kvarts våglängd, åt vänster tre kvarts; bara det ena passar med villkoret. I d: längddensiteten är $\rho_l = \rho A$ med trådens tvärsnittsarea $A = \pi(d/2)^2$.

Lösning

a) En harmonisk våg ges av

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

Fysika: Fc1 (propagerande harmonisk våg)

Partikelhastigheten är tidsderivatan, så dess maximala värde är $v_p = A\omega$, och den maximala partikelaccelerationen är $a_p = A\omega^2$:

Fysika: Fc1 (partikelhastighet $v_p = ds/dt$)

Kvoten tar bort amplituden:

$$\frac{a_p}{v_p} = \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = 2\pi \frac{v_p}{a_p} = 2\pi \cdot \frac{12,566}{7895,7} = 10,000 \text{ ms}$$

Fysika: Fc1 ($\omega = 2\pi f$, $T = 1/f$)

Att färdas från maximala till minimala y -positionen tar en halv periodtid.

Svar: $T/2 = 5,0 \text{ ms}$

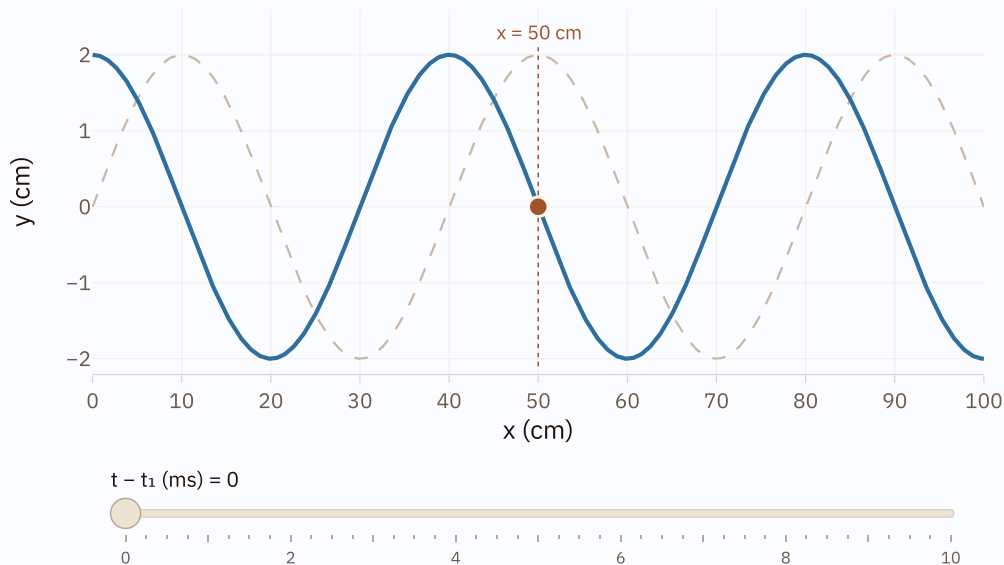
b) I figuren har vågen förflyttat sig en sträcka som motsvarar $\frac{3}{4}\lambda$ (toppen vid 40 cm har flyttat sig till 10 cm), vilket tar tiden $\frac{3}{4}T$. Den andra möjligheten, $\frac{1}{4}\lambda$ åt höger, ger en kvarts period och är för kort.

Svar: $\Delta t = 7,5 \text{ ms}$

c) Vågen propagerar i negativ x -riktning (från b). Vid t_1 ligger $x = 50$ cm på en nedåtgående sluttning mellan toppen vid 40 cm och dalen vid 60 cm. När vågformen flyttar sig åt vänster kommer dalen in.

Svar: partikeln rör sig i **negativ y -riktning**, eftersom vågen propagerar i negativ x -riktning.

Dra i reglaget: punkten vid $x = 50$ cm går nedåt, och efter 7,5 ms ligger vågen på bild t_2 .



d) Vågens hastighet, med $\lambda = 40$ cm ur figuren:

$$v = \lambda f = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,40}{0,010} = 40 \text{ m/s}$$

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

För transversella vågor på en sträng gäller $v = \sqrt{F/\rho_l}$, där längddensiteten är $\rho_l = A\rho$:

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{\frac{F}{A\rho}} \Rightarrow F = v^2 A\rho \\ &= \left(\frac{0,40}{0,01}\right)^2 \pi \left(\frac{0,001}{2}\right)^2 \cdot 7800 = 9,80 \text{ N} \end{aligned}$$

Fysika: Fc2a (transversella vågor i sträng, $v = \sqrt{F/\rho_l}$), T g2 (stål: $\rho = 7,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$)

Svar: $F \approx 9,80 \text{ N}$

Kontrollerat mot facit.

2. Laserljus genom en glasskiva

Angus lyser med en laser mot en tunn glasskiva. Laserljuset är p-polariserat. Han varierar infallsvinkeln och märker att maximalt med ljus kommer igenom då infallsvinkeln är 58 grader. Han justerar infallsvinkeln till 50 grader och placerar en polarisator mellan lasern och glasskivan. Efter polarisatorn är laserljusets polarisation riktad 45 grader relativt normalen till infallsplanet. Hur stor andel, i %, av ljuset som lämnar lasern kommer nu igenom glasskivan?

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Brewsters vinkel, Malus lag och Fresnels formler. Allt står i Fysika: Fc3; brytningslagen i Fysika: Fc6a.

Ledtråd 2

P-polariserat ljus går igenom helt vid Brewstervinkeln, så 58° är Brewstervinkeln och ger n . Polarisatorn vrider bort 45° från laserns polarisation (Malus). Dela sedan upp ljuset i en p- och en s-komponent, och låt var och en passera två ytor med sin egen reflektans $R_{\parallel}$ respektive $R_{\perp}$.

Ledtråd 3

Två förluster att hålla isär: polarisatorn tar bort hälften ($\cos^2 45^\circ$), och skivan reflekterar vid **båda** ytorna, så varje komponent får faktorn $(1 - R)^2$. Vid 50° är $R_{\parallel}$ nästan noll men inte $R_{\perp}$.

Lösning

Brewstervinkeln är 58° , vilket ger glasets brytningsindex:

$$n_g = \tan 58^\circ = 1,600$$

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

Polarisatorn står 45° från laserns polarisationsriktning (som var p, alltså i infallsplanet). Efter polarisatorn är intensiteten

$$I_1 = I_0 \cos^2 45^\circ$$

Fysika: Fc3 (Malus lag)

Vi delar upp det i p- och s-polariserat ljus:

$$I_p = I_1 \cos^2 45^\circ, \quad I_s = I_1 \sin^2 45^\circ$$

Brytningsvinkeln får vi från Snells lag:

$$\begin{aligned} n_l \sin i &= n_g \sin b \Rightarrow b = \sin^{-1} \left(\frac{n_l}{n_g} \sin i \right) \\ &= \sin^{-1} \left(\frac{1}{1,6} \sin 50^\circ \right) = 28,599^\circ \end{aligned}$$

Fysika: Fc6a (brytningslagen)

Då får vi följande reflektanser:

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{\sin^2(i - b)}{\sin^2(i + b)} = \frac{\sin^2(50^\circ - 28,599^\circ)}{\sin^2(50^\circ + 28,599^\circ)} \\ &= 0,138560 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_p &= \frac{\tan^2(i - b)}{\tan^2(i + b)} = \frac{\tan^2(50^\circ - 28,599^\circ)}{\tan^2(50^\circ + 28,599^\circ)} \\ &= 0,00624 \end{aligned}$$

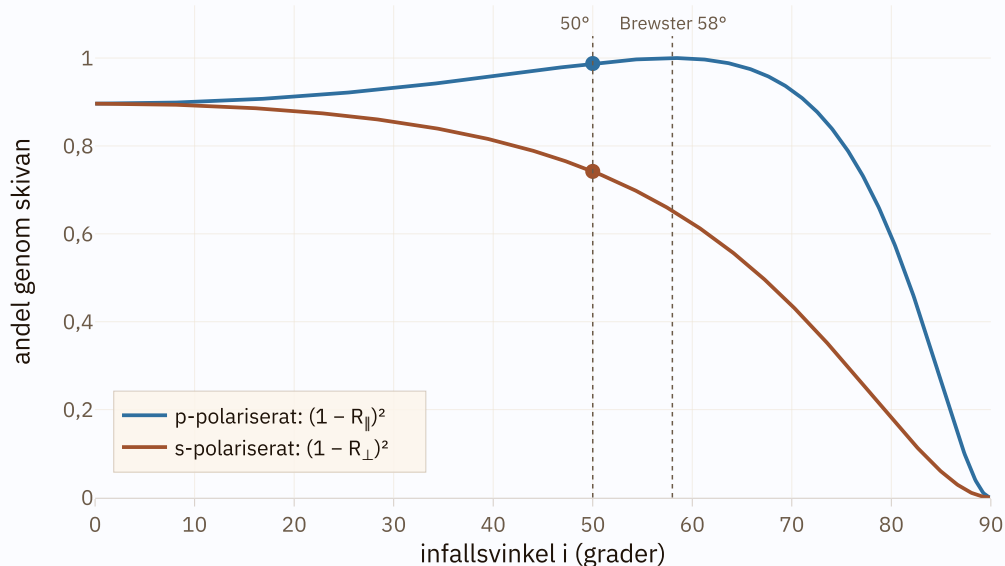
Fysika: Fc3 (Fresnels formler för reflekterat ljus, $R_\perp$ och $R_\parallel$)

Vid den andra ytan (glas till luft) är vinklarna ombytta och reflektanserna desamma. Ljuset som går igenom båda ytorna:

$$\begin{aligned}
 I_t &= (1 - R_p)^2 I_p + (1 - R_s)^2 I_s \\
 &= I_0 [(1 - R_p)^2 \cos^4 45^\circ + (1 - R_s)^2 \cos^2 45^\circ \sin^2 45^\circ] \\
 &= I_0 [(1 - 0,00624)^2 \cdot \frac{1}{4} + (1 - 0,138560)^2 \cdot \frac{1}{4}] \\
 &= 0,4324 I_0
 \end{aligned}$$

Svar: 43 %

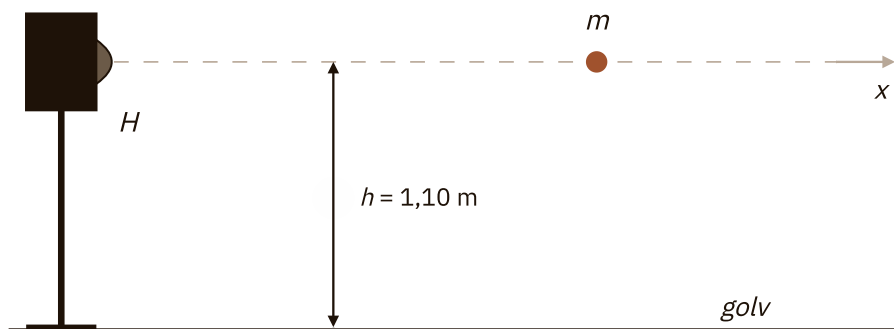
Figuren visar hur stor andel av varje polarisation som tar sig genom skivans två ytor. P-ljuset går helt igenom vid 58° , och vid 50° är skillnaden mellan komponenterna redan stor:



Kontrollerat mot facit.

3. Högtalaren över golvet: tre minima

En högtalare H är placerad på en höjd $h = 1,10$ meter enligt figuren. Den sänder ut en ton vid $1,280$ kHz. Ljudhastigheten är under rådande förhållanden 320 m/s.



- a) En mikrofon m flyttas från högtalaren längs x -axeln. Hur långt ska den flyttas för att detektera 3 stycken interferensmin? (2p)
- b) Hur mycket ska frekvensen på ljudsignalen höjas för att mikrofonen ska detektera ett interferensmax istället i den punkt du beräknade i uppgift a)? (1p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Interferens mellan den direkta vågen och den som reflekteras i golvet, samma uppställning som maj 2024 uppgift 2. Fysika: Fc1 ($k = 2\pi/\lambda$, $v = f\lambda$) och Fc4a (interferens mellan två vågor).

Ledtråd 2

Vägskillnaden är $\Delta r = \sqrt{4h^2 + x^2} - x$ och fasskillnaden $k\Delta r + \pi$, där π är fasskiftet vid reflektionen som kursen räknar med. Minimum kräver ett udda antal π , vilket här betyder att Δr är ett helt antal våglängder.

Ledtråd 3

Vid $x = 0$ är $\Delta r = 2h$; räkna ut $2h/\lambda$ för att se vilket heltal p det första minimum har. I b ska samma Δr i stället vara ett halvtal gånger den nya våglängden.

Lösning

a) Våglängden ges av

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{320}{1280} = 0,25 \text{ m}$$

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

En våg går direkt till mikrofonen och en våg studsar mot golvet. Skillnaden i gångväg ges av

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

Vid reflektion fås ett fasskifte på π . Vågornas fasskillnad vid mikrofonen ges alltså av

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

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: det tredje minimum hamnar vid $x \approx 0,677 \text{ m}$ och frekvensändringen i b blir $+98,5 \text{ Hz}$. På tentan följer man kursens modell, som här.

För destruktiv interferens ska fasskillnaden vara ett udda antal π , där p är ett heltal:

$$\Delta\beta = (2p + 1)\pi \Rightarrow k\Delta r = 2p\pi \Rightarrow \Delta r = p\lambda$$

Fysika: Fc4a (interferens mellan två vågor, min när $\cos \Delta\phi = -1$)

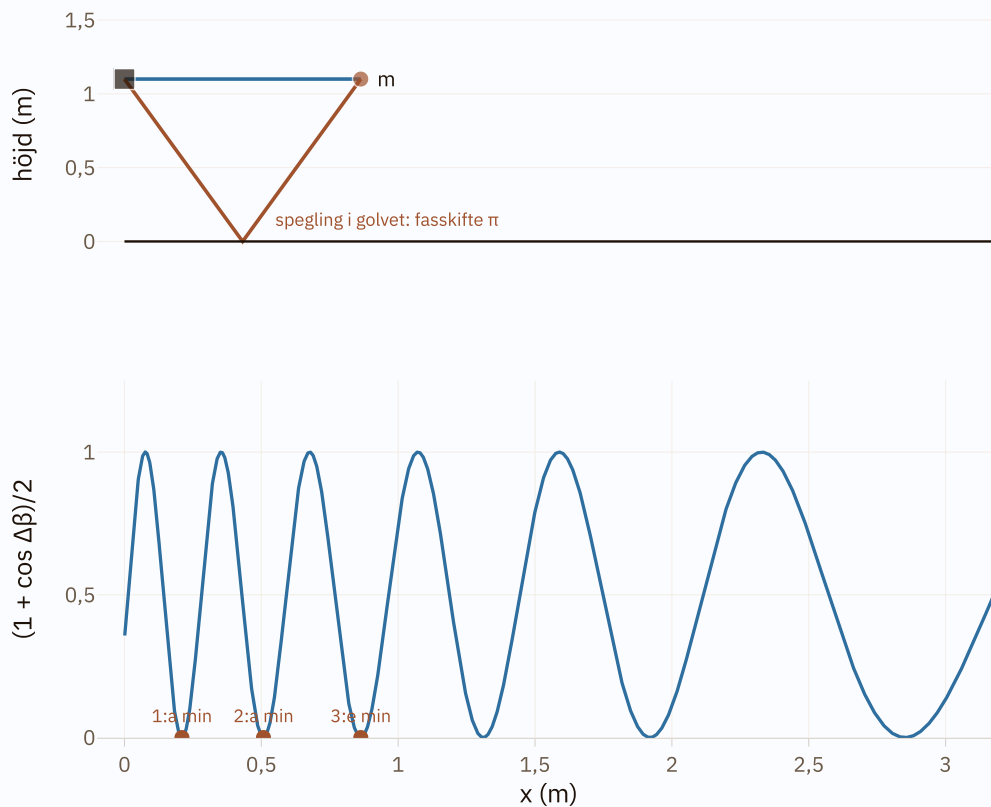
Det största värdet på p har vi närmast högtalaren:

$$\frac{2h}{\lambda} = \frac{2,2}{0,25} = 8,8$$

Det innebär att det första interferensminimat har $p = 8$, och det tredje alltså $p = 6$:

$$\begin{aligned}
 \sqrt{4h^2 + x^2} - x &= p\lambda \Rightarrow 4h^2 + x^2 = p^2\lambda^2 + x^2 + 2p\lambda x \\
 \Rightarrow x &= \frac{4h^2 - p^2\lambda^2}{2p\lambda} \\
 &= \frac{4 \cdot 1,1^2 - 6^2 \cdot 0,25^2}{2 \cdot 6 \cdot 0,25} = 0,8633 \text{ m}
 \end{aligned}$$

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



b) Gångvägsskillnaden i punkten är $\Delta r = 6\lambda = 1,500 \text{ m}$. För ett maximum ska den i stället motsvara ett halvtal våglängder, och för att frekvensen ska höjas (våglängden kortas) blir det 6,5 våglängder:

$$\begin{aligned}
 \Delta r &= 6,5\lambda = 6,5 \frac{v}{f} \Rightarrow f = 6,5 \frac{v}{\Delta r} \\
 &= 6,5 \cdot \frac{320}{\sqrt{4 \cdot 1,1^2 + 0,8633^2} - 0,8633} \\
 &= 1387 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

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

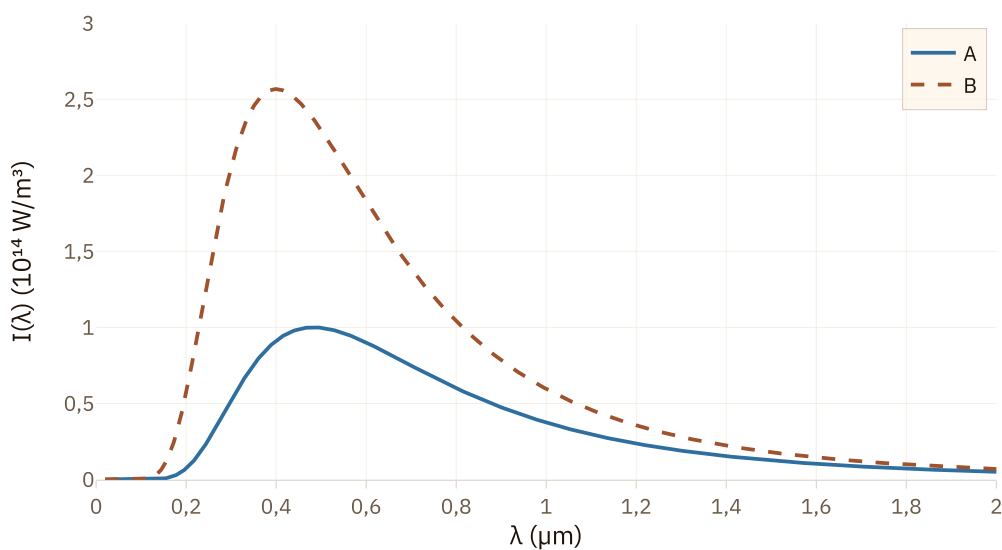
Höjningen är $1387 - 1280 = 107 \text{ Hz}$.

Svar: $\Delta f \approx 107 \text{ Hz}$

Kontrollerat mot facit.

4. Två stjärnor och solljuset på Mars

Den spektrala emittansen från två stjärnor kan ses i figuren nedan.



- Vilken av stjärnorna är varmast? Motivera ditt svar. (0,5p)
- Beräkna arean under den streckade linjen. (1p)
- Hur mycket energi från solen fångar Mars upp varje dygn? (1,5p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Svartkroppsstrålning: Wiens förskjutningslag och Stefan-Boltzmanns lag. *Fysika:* F_{d4} och $T_e(\sigma)$; solens effekt i *Fysika:* T_{j2} , Mars radie och banradie i T_{j1} .

Ledtråd 2

Arean under kurvan $I(\lambda, T)$ är emittansen, $\int I d\lambda = \sigma T^4$. Temperaturen får du ur var kurvan har sitt max. I c sprids solens effekt över en sfär med radien d , och Mars fångar den del som träffar dess tvärsnitt πr^2 .

Ledtråd 3

Du behöver inte integrera något: läs av $\lambda_{\max}$ för den streckade kurvan, och Stefan-Boltzmann ger arean direkt. I c står solens totala effekt i tabellen, så du behöver ingen temperatur alls.

Lösning

a) Wiens förskjutningslag säger att en varmare stjärna strålar som mest vid en kortare våglängd. B har sitt max vid $0,40 \mu\text{m}$, A vid ungefär $0,48 \mu\text{m}$.

Fysika: Fd4 (Wiens förskjutningslag)

Svar: stjärna **B** är varmast.

b) Areal under kurvan motsvarar hur mycket stjärnan strålar per kvadratmeter yta:

$$I = \sigma T^4$$

Fysika: Fd4 (Stefan-Boltzmanns lag)

Temperaturen fås från Wiens förskjutningslag:

$$\lambda_{\max} T = b \Rightarrow T = \frac{b}{\lambda_{\max}}$$

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

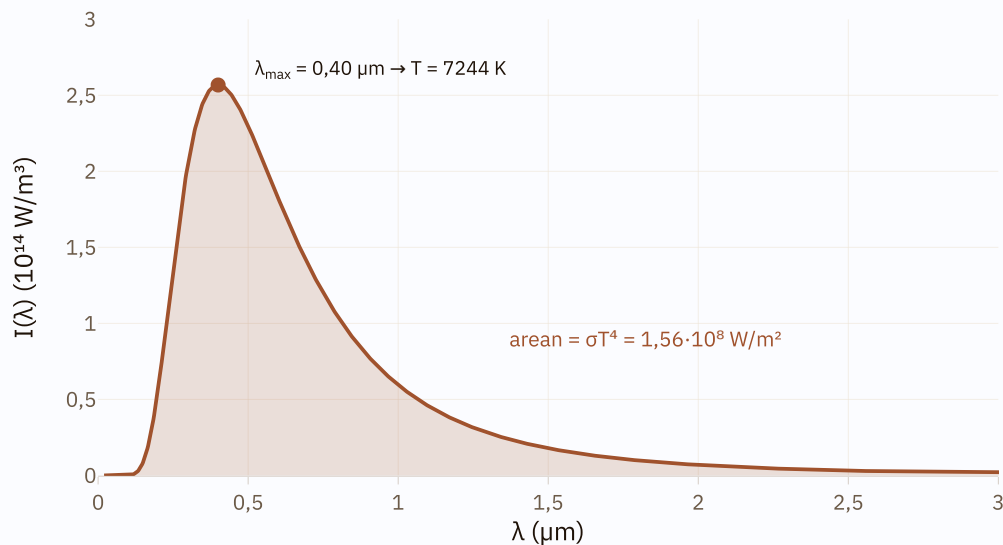
Då får vi

$$I = \sigma \left(\frac{b}{\lambda_{\max}} \right)^4 = 5,670 \cdot 10^{-8} \left(\frac{2,8978 \cdot 10^{-3}}{0,40 \cdot 10^{-6}} \right)^4$$

$$= 1,56 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2$$

Fysika: $T_e (\sigma)$

Svar: $1,56 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2 \approx 0,16 \text{ GW/m}^2$



c) Intensiteten hos solens strålning vid Mars ges av

$$I = \frac{P}{4\pi d^2}$$

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

där d är avståndet mellan solen och Mars. Den effekt som Mars fångar upp på sitt tvärsnitt πr^2 ges av

$$P_M = I \cdot \pi r^2 = \frac{P}{4\pi d^2} \cdot \pi r^2 = \frac{P}{4d^2} r^2$$

$$= \frac{3,846 \cdot 10^{26}}{4(2,28 \cdot 10^{11})^2} (3,39 \cdot 10^6)^2$$

$$= 2,1256 \cdot 10^{16} \text{ W}$$

Fysika: T j2 (solens totalt utstrålade effekt $3,846 \cdot 10^{26}$ W), T j1 (Mars: radie $3,39 \cdot 10^6$ m, banradie $2,28 \cdot 10^{11}$ m)

På ett dygn blir det

$$E = P_M \cdot 24 \cdot 3600 = 1,84 \cdot 10^{21} \text{ J}$$

Svar: $E \approx 1,84 \cdot 10^{21} \text{ J}$

Kontrollerat mot facit. Stjärna A i figuren motsvarar cirka 6000 K (max vid $0,48 \mu\text{m}$); det behövs inte för svaren.

5. HeNe-laser mot aluminium och guld

En HeNe laser genererar laserljus med effekten $2,00 \text{ mW}$ och en våglängden på $632,8 \text{ nm}$.

- Hur många fotoner lämnar lasern varje sekund? (1p)
- Om laserstrålen belyser en aluminiumyta under en minut, vilket är det maximala antalet elektroner som kan frigöras under den minuten? Motivera ditt svar. (0,5p)
- Vilken våglängd skulle laserljuset behöva ha för att den kortaste de Broglie våglängden hos de frigjorda elektronerna skulle vara 548 pm ? (1p)
- Om ljus med våglängden du beräknade fram i uppgift c) skulle belysa en guldyta istället, skulle du då förvänta dig frigjorda elektroner med en kortare de Broglie våglängd än den i uppgift c)? Motivera ditt svar. (0,5p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Fotonen, Fotoelektriska effekten och De Broglie-våglängd. Allt står i *Fysika: Fd3*; utträdesarbetena för Al och Au i *Fysika: T k3*.

Ledtråd 2

Antalet fotoner per sekund är effekten delad med en fotons energi hc/λ . En elektron frigörs bara om en enda foton har minst utträdesarbetets energi. I c: $\lambda_e = h/\sqrt{2mK}$ ger $K_{\max}$, och $hc/\lambda = K_{\max} + \Phi$ ger ljusets våglängd.

Ledtråd 3

Det spelar ingen roll hur många fotoner som träffar ytan om var och en är för svag: jämför 1,96 eV med aluminiums utträdesarbete. Den **kortaste** de Broglie-våglängden hör till den **största** rörelseenergin.

Lösning

a) Fotonens energi:

$$E_f = \frac{hc}{\lambda} = 3,14 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,96 \text{ eV}$$

Fysika: Fd3 (fotonenergi $E = hc/\lambda$), Te (h, c)

Antalet fotoner per sekund:

$$n = \frac{P}{E_f} = \frac{P\lambda}{hc} = 6,37 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$$

Svar: $6,37 \cdot 10^{15}$ fotoner per sekund

b) Aluminiums utträdesarbete är $\Phi = 4,20 \text{ eV}$, mer än dubbelt så mycket som fotonenergin 1,96 eV.

Fysika: T k3 (utträdesarbete för Al), Fd3 (fotoelektriska effekten, $K_{\max} = hf - \Phi$)

Svar: **noll**, eftersom fotonernas energi är mindre än utträdesarbetet. En elektron absorberar en foton i taget, så fler fotoner hjälper inte.

c) Elektronens rörelsemängd och rörelseenergi ur de Broglie-våglängden:

$$p_e = \frac{h}{\lambda_e} = 1,20914 \cdot 10^{-24} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$K_e = \frac{p_e^2}{2m_e} = \frac{h^2}{2m_e\lambda_e^2} = 8,0248 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 5,009 \text{ eV}$$

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

Fotoelektriska effekten ger ljusets våglängd:

$$K_e = hf - \Phi \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = K_e + \Phi \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{K_e + \Phi} = 135 \text{ nm}$$

Fysika: Fd3 (fotoelektriska effekten), T k3 (Al: $\Phi = 4,20 \text{ eV}$)

Svar: $\lambda \approx 135 \text{ nm}$ (ultraviolett)

d) Guld har ett högre utträdesarbete, $4,83 \text{ eV}$ mot $4,20 \text{ eV}$, och därför skulle de frigjorda elektronerna få mindre energi: $K_{\max} = 9,21 - 4,83 = 4,38 \text{ eV}$. Mindre energi innebär en längre de Broglie-våglängd ($0,586 \text{ nm}$).

Fysika: T k3 (utträdesarbete för Au), Fd3 (fotoelektriska effekten, de Broglie-våglängden)

Svar: **nej**, de frigjorda elektronerna får en längre de Broglie-våglängd.

Kontrollerat mot facit.

6. Väteatomen med $m = 4$

En elektron i en väteatom befinner sig i ett tillstånd där det magnetiska kvanttalet är $m = 4$.

a) Vilket är det största möjliga energigapet till angränsande tillstånd? (2p)

b) Kommer elektronen att absorbera eller emittera en foton för att övergå till det tillståndet? (Motivera ditt svar) (0,5p)

c) Vilken våglängd har fotonen i uppgift b? (0,5p)

Totalpoäng: 3

 Ledtråd 1

Kvanttal och Urvalsregler i väteatomen. Fysika: Fd3 (kvanttal, energinivåer för väte) och Te (E_H).

 Ledtråd 2

m går från $-l$ till l , och l går från 0 till $n - 1$. Vilka l och n tillåter $m = 4$? Energin i väte beror bara på n : $E_n = -E_H/n^2$, så gapet till ett angränsande tillstånd är skillnaden mellan n och $n \pm 1$.

 Ledtråd 3

Nivåerna ligger tätare ju högre upp man kommer, så det största gapet finns vid det **lägsta** tillåtna n , och då nedåt. Kontrollera att övergången är tillåten: l måste ändras med ± 1 , och det ska finnas ett tillstånd med det nya l på nivån under.

 Lösning

Läraren går igenom uppgiften på seminarium 6 och ger bara svaren i facit, så lösningsgången i a är egen.

a) Det magnetiska kvanttalet kan anta värdena $m = -l, \dots, l$, så $m = 4$ kräver $l \geq 4$. Det azimuthala kvanttalet kan vara högst $n - 1$, så $l \geq 4$ kräver $n \geq 5$.

Fysika: Fd3 (kvanttal: $l = 0, 1, \dots, n - 1$ och $m = -l, \dots, l$)

Energinivåerna i väte beror bara på n :

$$E_n = -E_H \frac{Z^2}{n^2} = -\frac{13,6057 \text{ eV}}{n^2}$$

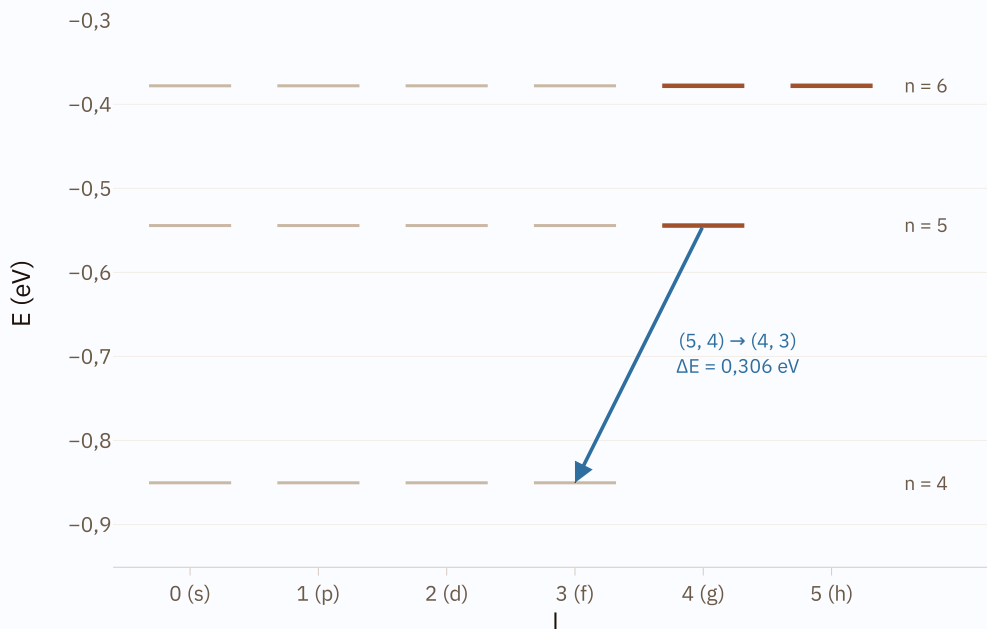
Fysika: Fd3 (energinivåer för väte och väteliknande system), Te (E_H)

Avståndet mellan två grannivåer krymper uppåt, så det största gapet finns vid det lägsta möjliga $n = 5$, ned till $n = 4$. Övergången är tillåten: från $(n, l, m) = (5, 4, 4)$ till $(4, 3, 3)$ ändras l med -1 och m med -1 , som urvalsreglerna kräver. Det finns inget $l = 5$ på nivå 4, och uppåt ($5 \rightarrow 6$) är gapet mindre.

(Urvalsreglerna $\Delta l = \pm 1$, $\Delta m = 0, \pm 1$ står inte i Fysika.)

$$\Delta E = E_5 - E_4 = 13,6057 \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{5^2} \right) = 0,306 \text{ eV}$$

Svar: $\Delta E \approx 0,306 \text{ eV}$



b) Elektronen hamnar i ett lägre energitillstånd ($n = 4$), så skillnaden i energi måste föras bort.

Svar: en foton **emitteras**.

c) Fotonen bär energiskillnaden:

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{1,23984 \cdot 10^{-6} \text{ eV} \cdot \text{m}}{0,3061 \text{ eV}} = 4,05 \mu\text{m}$$

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

Svar: $\lambda \approx 4,05 \mu\text{m}$, i det infraröda (Brackettserien, $5 \rightarrow 4$).

Svaret kontrollerat mot facit; lösningsgången är egen.

Se även

- [F0005T](#) — kurssidan med alla tentor
- [Harmonisk våg](#) · [Fas hastighet och partikelhastighet](#) · [Våghastighet på en sträng](#) · [Interferens](#) · [Reflektion av vågor](#)
- [Brewsters vinkel](#) · [Malus lag](#) · [Fresnels formler](#)
- [Svartkroppsstrålning](#) · [Wiens förskjutningslag](#) · [Stefan-Boltzmanns lag](#)
- [Fotonen](#) · [Fotoelektriska effekten](#) · [De Broglie-våglängd](#) · [Kvanttal](#) · [Urvalsregler](#) · [Bohrs modell för väteatomen](#)