

F0005T-2026-08-28

19 okt. 2026, 14 min läsning

UTKAST

#tenta #fysik #vågrörelse #modern-fysik

Kurs: F0005T — Fysik 2 **Datum:** 2026-08-28 **Examinator:** Erik Olsson **Källa:** [originaltentamen](#) · [lärarens lösningar](#) **Hjälpmedel:** miniräknare och Fysika. 6 uppgifter, 18 poäng.

Översikt

VÅG (uppgift 1–3):

- en våg avbildad vid två tidpunkter: fart, tid mellan bilderna och faskonstant (1)
- tre högtalare i rad: ljudnivå, visardiagram och utsläckning (2)
- delvis polariserat ljus genom en polarisator och in i glas vid Brewstervinkeln (3)

MOF (uppgift 4–6):

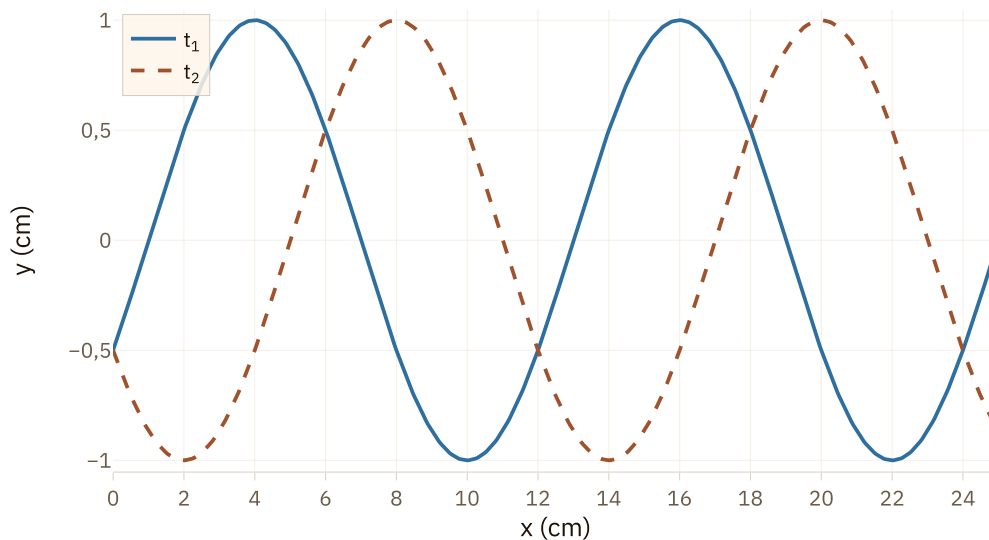
- glödtråden som svart kropp (4)
- linjespektrum från joniserat helium (5)
- fotoelektrisk effekt kopplad till en elektron i en låda (6), samma uppgift som [december 2025](#) uppgift 4

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 vid två tidpunkter

En propagerande våg är avbildad vid två olika tidpunkter, t_1 och t_2 där $t_2 > t_1$. Tiden mellan bilderna är mindre än 1 periodtid. Vid den första tidpunkten är en punkt vid $x = 7 \text{ cm}$ på väg i positiv y -riktning. Den maximala partikelhastigheten är $3,142 \text{ m/s}$.



- Vilken hastighet har vågen? (1p)
- Hur lång tid har det gått mellan bilderna? (1p)
- Låt den första bilden av vågen vara vid $t = 0$, bestäm faskonstanten om vågen beskrivs med en sin-funktion. (1p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Harmonisk våg, Fashastighet och partikelhastighet och Fas och faskonstant. Fysika: Fc1
(harmonisk våg, $v = f\lambda$, partikelhastighet $v_p = ds/dt$).

Ledtråd 2

Läs av amplituden A och våglängden λ i figuren. Partikelhastigheten är derivatan av y med avseende på t , och dess största värde är ωA . Det ger f , och sedan $v = f\lambda$.

Ledtråd 3

Riktningen avgör vilken förskjutning som gäller mellan bilderna: ett steg framåt eller bakåt. Punkten vid $x = 7 \text{ cm}$ ligger på en nedåtgående sluttning och rör sig uppåt; åt vilket håll måste vågformen då flytta sig? Med "mindre än 1 periodtid" finns bara en möjlig förskjutning. För c: sätt in en dal, där $\sin = -1$.

Lösning

a) Ur figuren: amplituden är $A = 1,0 \text{ cm}$ och våglängden $\lambda = 12 \text{ cm}$ (topparna ligger vid $x = 4$ och 16 cm). Partikelhastigheten $v_p = \partial y / \partial t$ har amplituden ωA :

$$v_{\max} = \omega A \Rightarrow f = \frac{v_{\max}}{2\pi A} = \frac{3,142}{2\pi \cdot 0,01} = 50 \text{ Hz}$$

Fysika: Fc1 (partikelhastighet $v_p = ds/dt$, $\omega = 2\pi f$)

Vågens hastighet är alltså

$$v = \lambda f = 0,12 \cdot 50 = 6,0 \text{ m/s}$$

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

Svar: $v = 6,0 \text{ m/s}$

b) Vid t_1 ligger $x = 7 \text{ cm}$ mellan toppen vid 4 cm och dalen vid 10 cm , på en sluttning som går nedåt. Att punkten ändå rör sig uppåt betyder att toppen bakom den är på väg fram, alltså att vågen propagerar i positiv x -riktning. Den streckade kurvan t_2 har sin topp vid 8 cm , så vågen har flyttat sig $\Delta x = 4,0 \text{ cm}$ (den andra möjligheten, -8 cm , går åt fel håll):

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{0,04}{6,0} = 6,7 \text{ ms}$$

Svar: $\Delta t \approx 6,7 \text{ ms}$ (en tredjedels period, $T = 20 \text{ ms}$).

c) Vågen i $+x$ -riktning skrivs

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

Fysika: Fc1 (propagerande harmonisk våg; Fysika använder $\cos$ och $\omega t \pm kx$, vilket bara ändrar faskonstantens värde)

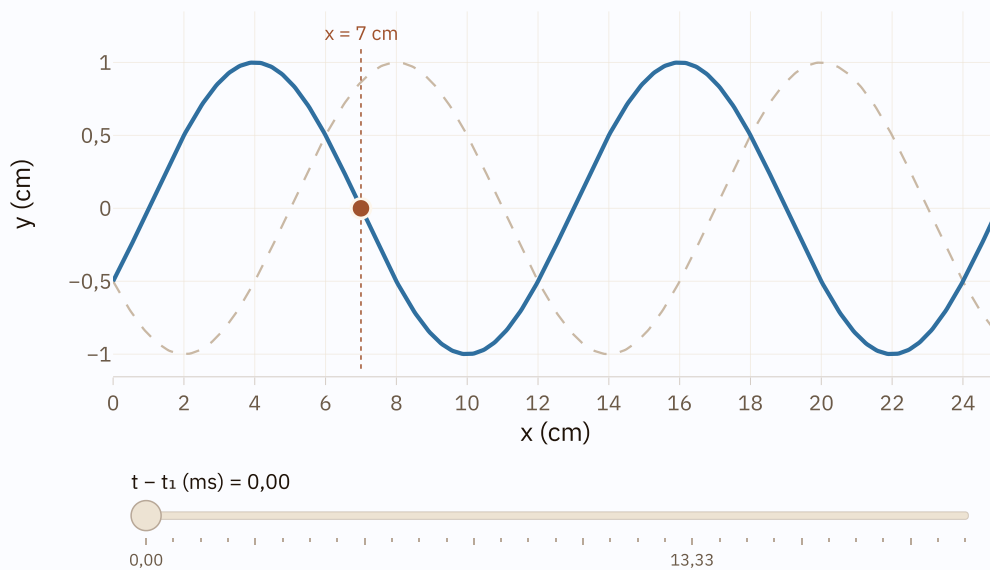
Vid $t = 0$ ligger en dal vid $x = 10$ cm, där $\sin(\dots) = -1$:

$$kx + \alpha = \frac{3\pi}{2} \Rightarrow \alpha = \frac{3\pi}{2} - \frac{2\pi}{12} \cdot 10 = -\frac{\pi}{6}$$

Kontroll: $y(0, 0) = \sin(-\pi/6) = -0,5$ cm, som i figuren.

Svar: $\boxed{\alpha = -\frac{\pi}{6}}$ (eller $\frac{11\pi}{6}$ om man vill ha ett värde mellan 0 och 2π).

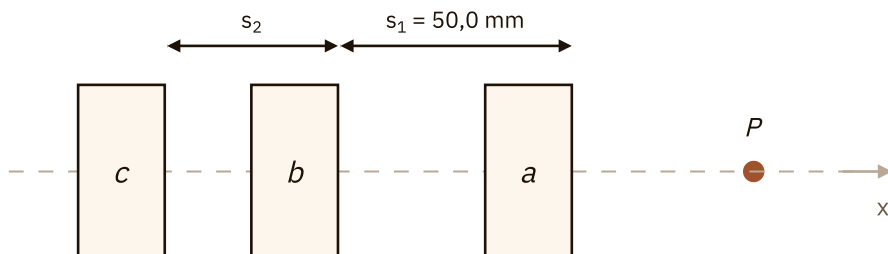
Dra i reglaget: vågen vandrar åt höger och punkten vid $x = 7$ cm går uppåt. Efter 6,67 ms ligger den blå kurvan exakt på bild t_2 .



Kontrollerat mot facit. Lärarens svarsrad i b anger 6,7 μ s, men uträkningen 0,04/6,0 ger 6,7 ms; enheten i svarsraden är ett skrivfel.

2. Tre högtalare längs x -axeln

Tre högtalare är placerade längs x -axeln enligt figuren. I en punkt P är ljudnivån från högtalare a 6,02 dB högre än ljudnivån från högtalare b . Sträckan s_1 är 50,0 mm. Våglängden för ljudet från högtalarna är 200,0 mm och alla högtalarna är kopplade till samma tongenerator.



- I punkten P , hur mycket större är amplituden hos vågen från högtalare a än amplituden hos vågen från högtalare b ? (1p)
- Om ljudintensiteten ska minimeras i punkten P , hur lång ska sträckan s_2 vara? (1p)
- Om ljudnivån ska vara 0 dB i punkten P , vad blir kvoten mellan ljudintensiteterna I_a/I_c ? (1p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Ljudintensitet och ljudnivå för a , Superposition av vågor med visare för b och c . Fysika: Fc2 (ljudintensitetsnivå, $I \propto a^2$) och Fc1a (superposition av vågor).

Ledtråd 2

$\Delta L = 10 \log(I_a/I_b)$ ger intensitetskvoten, och eftersom $I \propto a^2$ blir amplitudkvoten roten ur den. Vågen från b går sträckan s_1 längre än vågen från a , så den ligger efter i fas med ks_1 . Rita a och b som visare och addera.

Ledtråd 3

$ks_1 = 2\pi \cdot 50/200 = \pi/2$, så visarna a och b står vinkelrätt mot varandra. Intensiteten blir minst när visaren c pekar rakt **mot** summan $a + b$. 0 dB är 10^{-12} W/m^2 , i praktiken total utsläckning: c måste vara exakt lika lång som $a + b$.

 Lösning

a) Skillnaden i ljudnivå ger intensitetskvoten:

$$10 \log \frac{I_a}{I_0} - 10 \log \frac{I_b}{I_0} = 6,02 \text{ dB}$$

$$\Rightarrow \log \frac{I_a}{I_b} = 0,602 \Rightarrow \frac{I_a}{I_b} = 10^{0,602} = 4,00$$

Fysika: Fc2 (ljudintensitetsnivå $L_I = 10 \log(I/I_0)$)

Intensiteten är proportionell mot amplituden i kvadrat, $I = \frac{1}{2} \rho v \omega^2 a^2$, så amplitudkvoten är $\sqrt{4} = 2$.

Fysika: Fc2 (intensitet)

Svar: amplituden för våg a är **dubbelt så stor** som amplituden för våg b .

b) Vågen från b har gått s_1 längre till P än vågen från a , så fasskillnaden är

$$\Delta\beta_{ba} = ks_1 = \frac{2\pi}{200} \cdot 50 = \frac{\pi}{2}$$

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

I visardiagrammet står a (längd 2) och b (längd 1) alltså vinkelrätt mot varandra. Summan $a + b$ har längden $\sqrt{5}$ och bildar vinkeln θ mot a :

$$\theta = \tan^{-1} \frac{b}{a} = \tan^{-1} \frac{1}{2} = 26,57^\circ$$

Fysika: Fc1a (superposition av vågor)

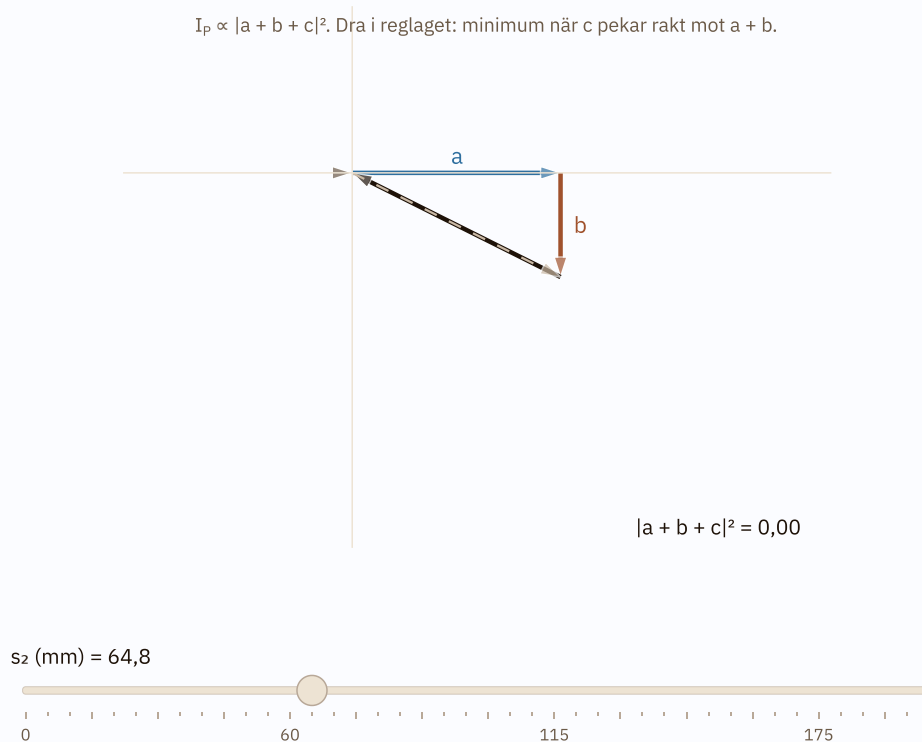
Intensiteten blir minst när c pekar rakt mot $a + b$. Då ska c ligga $90^\circ + \theta$ efter b :

$$\Delta\beta_{cb} = 90^\circ + \theta = 116,57^\circ = 2,0344 \text{ rad}$$

$$\Rightarrow s_2 = \frac{\Delta\beta_{cb}}{k} = \frac{2,0344 \cdot 200}{2\pi} = 64,76 \text{ mm}$$

Svar: $s_2 \approx 64,8 \text{ mm}$ (eller 64,8 mm plus ett helt antal våglängder, 200 mm).

Dra i reglaget för s_2 och se hur visaren c vrider sig. Summan $|a + b + c|^2$, som är proportionell mot intensiteten i P , blir noll vid 64,8 mm:



c) 0 dB betyder $I = I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$, i praktiken ingenting jämfört med högtalarnas ljud. Visaren c måste då ta ut $a + b$ helt, alltså vara lika lång som den. Eftersom a och b är vinkelräta adderas deras intensiteter:

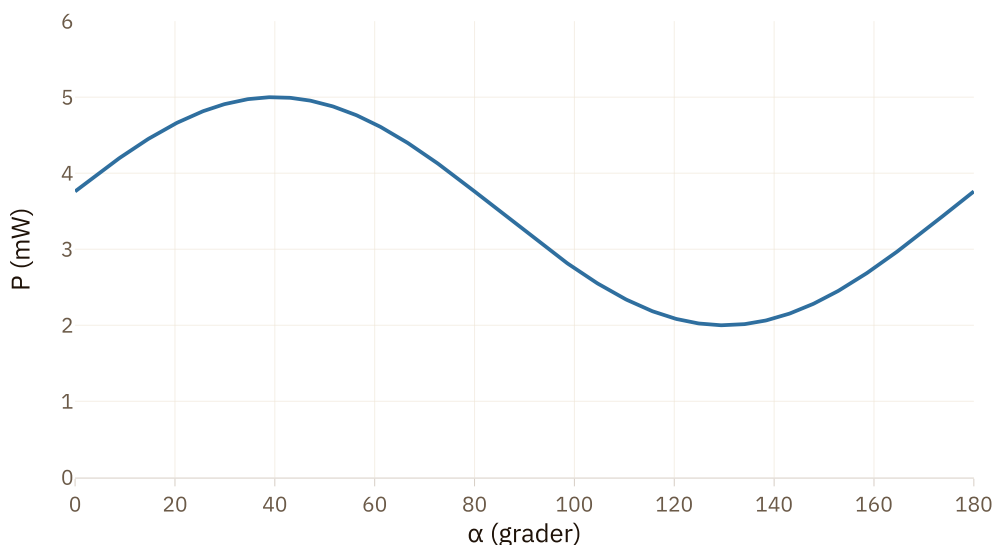
$$I_c = I_a + I_b = I_a + \frac{1}{4}I_a = \frac{5}{4}I_a$$

Svar: $I_a/I_c = 4/5 = 0,80$

Kontrollerat mot facit.

3. Delvis polariserat ljus och Brewstervinkeln

Delvis polariserat ljus analyseras med en polarisator. Effekten hos ljuset som passerat polarisatorn ses i figuren. Vinkeln α är polarisatorns genomsläppsriktning relativt horisonten.



a) Bestäm det opolariserade ljusets effekt, det polariserade ljusets effekt samt det polariserade ljusets polarisationsriktning relativt horisonten. (1,5p)

b) Polarisatorn ställs in så att genomsläppsriktningen är 85° . Ljuset som passerar polarisatorn får sedan träffa en glasyta som är orienterad på så sätt att ljuset träffar glasytan vid Brewstervinkeln med sin polarisation vinkelrät mot infallsplanet. Glaset har ett brytningsindex på 1,52. Beräkna effekten hos ljuset som går in i glaset. (1,5p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Polarisation med Malus lag, och Brewsters vinkel med Fresnels formler. Allt står i Fysika: Fc3.

Ledtråd 2

En polarisator släpper igenom hälften av det opolariserade ljuset oavsett vinkel, och $P_p \cos^2(\alpha - \alpha_p)$ av det polariserade (Malus). Kurvan är alltså $P(\alpha) = P_o/2 + P_p \cos^2(\alpha - \alpha_p)$. För b: vid Brewstervinkeln är $i + b = 90^\circ$, och för ljus polariserat vinkelrätt mot infallsplanet gäller $R_\perp = \sin^2(i - b)/\sin^2(i + b)$.

Ledtråd 3

Minimum ger $P_o/2$ direkt (där släpps inget polariserat ljus igenom), och avståndet mellan max och min är P_p . Fällan i b: vid Brewstervinkeln reflekteras inget av det **parallellpolariserade** ljuset, men här är ljuset polariserat **vinkelrätt**, så en del reflekteras ändå.

Lösning

Läraren går igenom uppgiften på seminarium 3. Facit ger svaren (för en äldre variant med deluppgifterna a–d), så lösningsgången i b är egen.

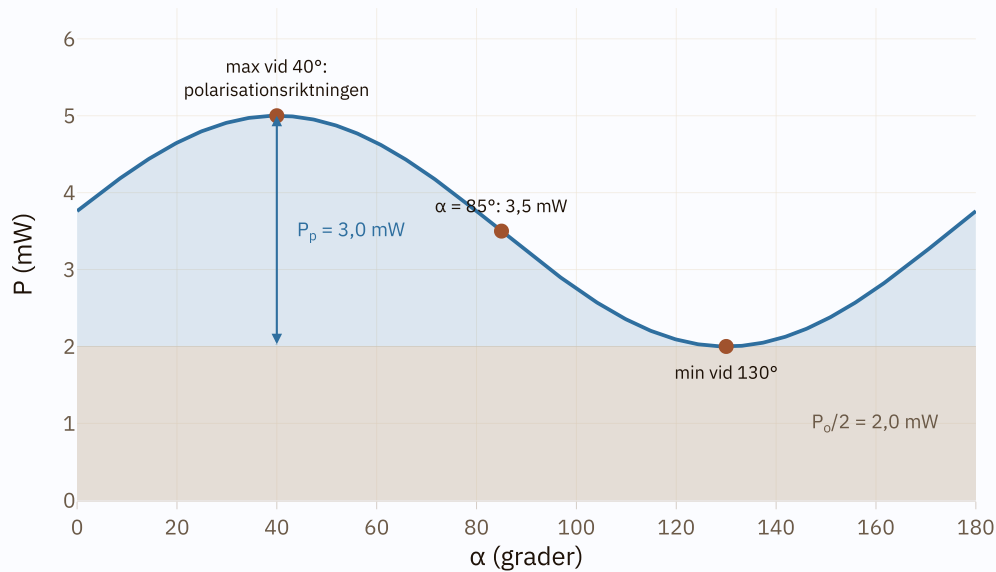
a) Efter polarisatorn är effekten

$$P(\alpha) = \frac{P_o}{2} + P_p \cos^2(\alpha - \alpha_p)$$

Fysika: Fc3 (Malus lag, $I = I_0 \cos^2 \theta$)

Ur figuren: maximum 5,0 mW vid 40° och minimum 2,0 mW vid 130° .

- Polarisationsriktningen är där kurvan har sitt max: $\alpha_p = 40^\circ$.
- Vid 130° (vinkelrätt mot α_p) släpps bara hälften av det opolariserade ljuset igenom: $P_o/2 = 2,0 \text{ mW}$, så $P_o = 4,0 \text{ mW}$.
- Vid 40° släpps dessutom allt polariserat ljus igenom: $P_p = 5,0 - 2,0 = 3,0 \text{ mW}$.



Svar: $P_o = 4,0 \text{ mW}$, $P_p = 3,0 \text{ mW}$ och polarisationsriktningen 40° mot horisonten.

b) Vid 85° är vinkeln mot polarisationsriktningen 45° :

$$P = \frac{P_o}{2} + P_p \cos^2 45^\circ = 2,0 + 3,0 \cdot \frac{1}{2} = 3,5 \text{ mW}$$

Fysika: Fc3 (Malus lag)

Ljuset efter polarisatorn är helt linjärpolariserat och träffar glaset vinkelrätt mot infallsplanet vid Brewstervinkeln:

$$\tan \theta_p = \frac{n_2}{n_1} = 1,52 \Rightarrow \theta_p = 56,66^\circ$$

Fysika: Fc3 (Brewstervinkeln)

Vid Brewstervinkeln är reflekterad och bruten stråle vinkelräta, så brytningsvinkeln är $b = 90^\circ - 56,66^\circ = 33,34^\circ$. Reflektansen för vinkelrät polarisation:

$$R_\perp = \frac{\sin^2(i - b)}{\sin^2(i + b)} = \frac{\sin^2(23,32^\circ)}{\sin^2(90^\circ)} = 0,157$$

Fysika: Fc3 (Fresnels formler för reflekterat ljus)

Det som inte reflekteras går in i glaset:

$$P_{\text{in}} = (1 - R_{\perp}) \cdot 3,5 \text{ mW} = 0,843 \cdot 3,5 = 2,95 \text{ mW}$$

Svar: $P_{\text{in}} \approx 3,0 \text{ mW}$ (2,95 mW)

Varför reflekteras något alls vid Brewstervinkeln?

Brewstervinkeln gör $R_{\parallel} = \tan^2(i - b) / \tan^2(i + b)$ till noll, eftersom $\tan(i + b) = \tan 90^\circ$ är oändlig. För $R_{\perp}$ står $\sin$ i nämnaren, och $\sin 90^\circ = 1$, så $R_{\perp}$ blir inte noll. Det är därför reflexer från glas vid den vinkeln är helt vinkelrätt polariserade.

Svaret kontrollerat mot facit; lösningsgången är egen. Facit ger svaren som 3,5 mW (efter polarisatorn), 57° (Brewstervinkeln) och 3,0 mW (in i glaset).

4. Glödtråden som svart kropp

Glödtråden i en glödlampa kan behandlas som en svart kropp. Glödlampan har en effekt på 60,0 W och glödtråden är 2,00 cm lång och den har en diameter som är 0,200 mm.

- Vid vilken våglängd har den spektrala emittansen för glödtråden sitt maximum? (2p)
- Vilken diameter skulle glödtråden behöva ha för att den spektrala emittansen ska ha sitt max vid samma våglängd som solens spektrala emittans? (1p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Svartkroppsstrålning: Stefan-Boltzmanns lag ger temperaturen, Wiens förskjutningslag våglängden. *Fysika: Fd4* och *Te* (σ); solens yttemperatur står i *Fysika: T j2*.

Ledtråd 2

All elektrisk effekt strålar ut från trådens mantelyta $A = \pi dL$: $P = A\sigma T^4$ ger T , och sedan $\lambda_m = b/T$.

Ledtråd 3

Samma våglängd för maximum betyder samma temperatur. Med P och L fasta och $T = 5778 \text{ K}$ blir d det enda okända i $P = \pi d L \sigma T^4$.

Lösning

a) Glödtrådens mantelyta, där ändytorna är försumbara:

$$A = 2\pi r \cdot L = 2\pi \cdot 0,0001 \cdot 0,02 = 1,2566 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

Den utstrålade effekten är hela lampans effekt:

$$\begin{aligned} P = A\sigma T^4 &\Rightarrow T = \left(\frac{P}{A\sigma}\right)^{1/4} \\ &= \left(\frac{60}{1,2566 \cdot 10^{-5} \cdot 5,67037 \cdot 10^{-8}}\right)^{1/4} = 3029,25 \text{ K} \end{aligned}$$

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

Våglängden där den spektrala emittansen har sitt max:

$$\lambda_{\max} T = b \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{2,8978 \cdot 10^{-3}}{3029,25} = 956,6 \text{ nm}$$

Fysika: Fd4 (Wiens förskjutningslag)

Svar: $\lambda_{\max} \approx 957 \text{ nm}$, i det nära infraröda, vilket är skälet till att glödlampor mest blir varma.

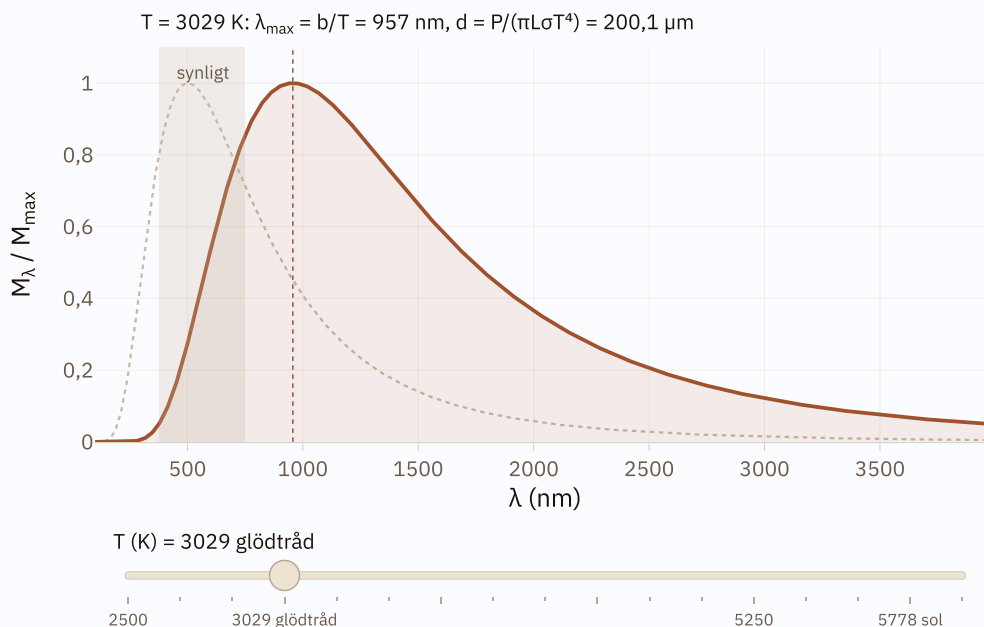
b) Max vid samma våglängd innebär samma yttemperatur, solens $T = 5778 \text{ K}$. Då blir glödtrådens diameter

$$\begin{aligned} P = d\pi L \sigma T^4 &\Rightarrow d = \frac{P}{\pi L \sigma T^4} \\ &= \frac{60}{\pi \cdot 0,02 \cdot 5,67037 \cdot 10^{-8} \cdot 5778^4} = 15,1 \text{ } \mu\text{m} \end{aligned}$$

Fysika: Fd4 (Stefan-Boltzmanns lag), T j2 (solens effektiva ytemperatur 5778 K)

Svar: $d \approx 15,1 \mu\text{m}$

Dra i reglaget för temperaturen. Kurvan är normerad till sitt eget max, så att man ser var toppen hamnar. Rubriken visar λ_{max} och den diameter som ger 60 W vid den temperaturen:



Kontrollerat mot facit.

5. Linjespektrum från joniserat helium

Monokromatisk elektromagnetisk strålning passerar en gas med joniserade heliumatomer i grundtillståndet. Heliumatomerna har bara en elektron kvar. Flera våglängder kan observeras i den elektromagnetiska strålningen efter att den passerat heliumgasen. Den längsta våglängden som observeras är 468,7 nm. Vilken är den kortaste våglängden som observeras?

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Väteliknande system (He^+ , $Z = 2$) och Linjespektrum. Fysika: Fd3 (energinivåer för väteliknande system) och Te (E_H).

Ledtråd 2

Strålningen exciterar atomerna från $n = 1$ till någon nivå n . Därifrån faller de tillbaka i alla möjliga steg och sänder ut fotoner. Den längsta våglängden är den minsta energiskillnaden, och den finns mellan de två översta inblandade nivåerna.

Ledtråd 3

Pröva $n \rightarrow n - 1$ för $n = 2, 3, 4, \dots$ tills du får 468,7 nm. Den kortaste våglängden är den inkommande strålningen själv, $1 \rightarrow n$.

Lösning

Den inkommande strålningen har den kortaste våglängden: den lyfter elektronen från grundtillståndet till en högre nivå. Den längsta våglängden motsvarar den lägsta energin, alltså en övergång mellan de två översta närliggande nivåerna. Energinivåerna i joniserat helium är

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

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

Fotonerna med den längsta våglängden har energin

$$\frac{hc}{\lambda} = \Delta E = E_n - E_{n-1}$$

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

Vi provar oss fram för att se vilken övergång som matchar:

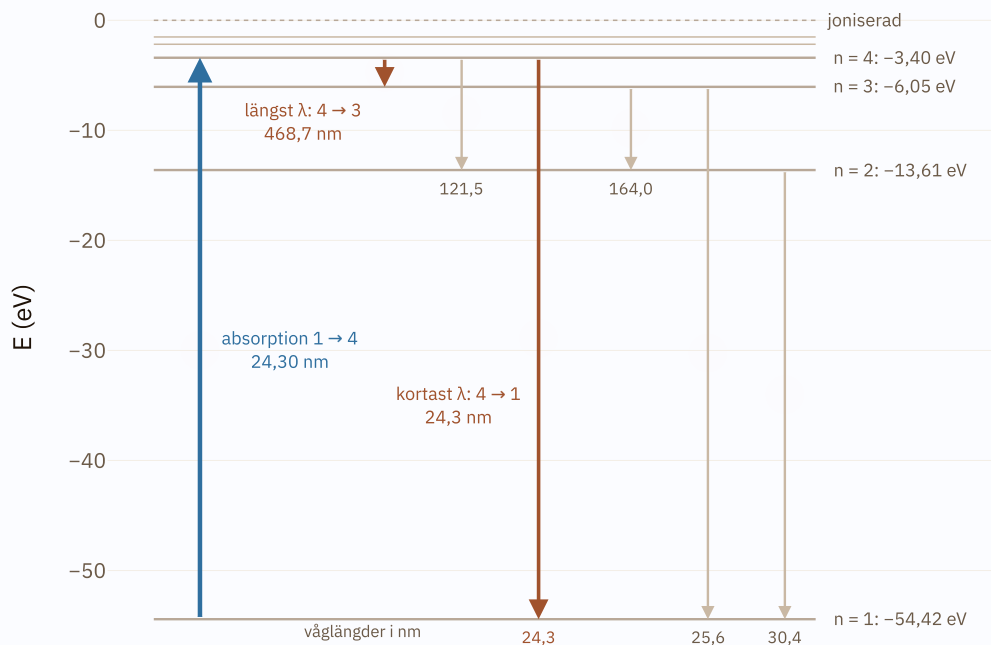
Övergång	Energi (eV)	Våglängd (nm)
2 → 1	40,817	30,37
3 → 2	7,559	164,0

Övergång	Energi (eV)	Våglängd (nm)
4 → 3	2,646	468,7

Den inkommande strålningen har alltså exciterat heliumjonerna till nivå 4. Då måste den ha haft våglängden

$$\lambda = \frac{hc}{E_4 - E_1} = 24,30 \text{ nm}$$

Svar: $\lambda_{\min} \approx 24,3 \text{ nm}$



Varför är den längsta våglängden alltid mellan de två översta nivåerna?

Nivåerna ligger tätare ju högre upp man kommer ($E_n \propto -1/n^2$), så den minsta energiskillnaden bland alla möjliga steg ned från nivå 4 är det översta, $4 \rightarrow 3$. Det gör uppgiften lösbar: den längsta linjen avslöjar direkt hur högt atomerna exciterades.

Kontrollerat mot facit.

6. Elektron i en låda, foton mot en silveryta

En elektron befinner sig i en endimensionell lådpotential. Den återgår från det tredje exciterade tillståndet till grundtillståndet genom att emittera en foton. Om den fotonen träffar en silveryta så är den kortaste de Broglie-våglängden man kan förvänta sig hos den frigjorda elektronen $0,596 \text{ nm}$. Vilken de Broglie-våglängd hade elektronen i lådpotentialen i sitt exciterade tillstånd?

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*; silvers utträdesarbete i *Fysika: T k3*.

Ledtråd 2

$\lambda = h/\sqrt{2mK}$ ger elektronens rörelseenergi K . Fotoeffekten ger fotonens energi $E_f = K_{\max} + \Phi$. I lådan är $E_n = n^2 h^2 / (8ma^2)$, så $E_f = E_4 - E_1$ ger lådans storlek a .

Ledtråd 3

Två fällor. Den **kortaste** de Broglie-våglängden hör till den **största** rörelseenergin, alltså $K_{\max}$. Och det **tredje exciterade** tillståndet är $n = 4$, inte $n = 3$. I lådan är $\lambda = 2a/n$.

Lösning

Samma uppgift som december 2025 uppgift 4.

Den frigjorda elektronen:

$$\lambda_e = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mK_e}}$$

$$\Rightarrow K_e = \frac{h^2}{2m\lambda_e^2} = 6,784 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 4,234 \text{ eV}$$

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

Fotonen, ur den fotoelektriska effekten med silvers utträdesarbete $\Phi = 4,54 \text{ eV}$:

$$E_f = K_e + \Phi = 8,774 \text{ eV} = 1,406 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

Fysika: Fd3 (fotoelektriska effekten), T k3 (utträdesarbete för Ag)

Lådan. Fotonens energi motsvarar energiskillnaden mellan elektronens två tillstånd i lådpotentialen:

$$E_f = E_4 - E_1 = (4^2 - 1^2) \frac{h^2}{8ma^2}$$

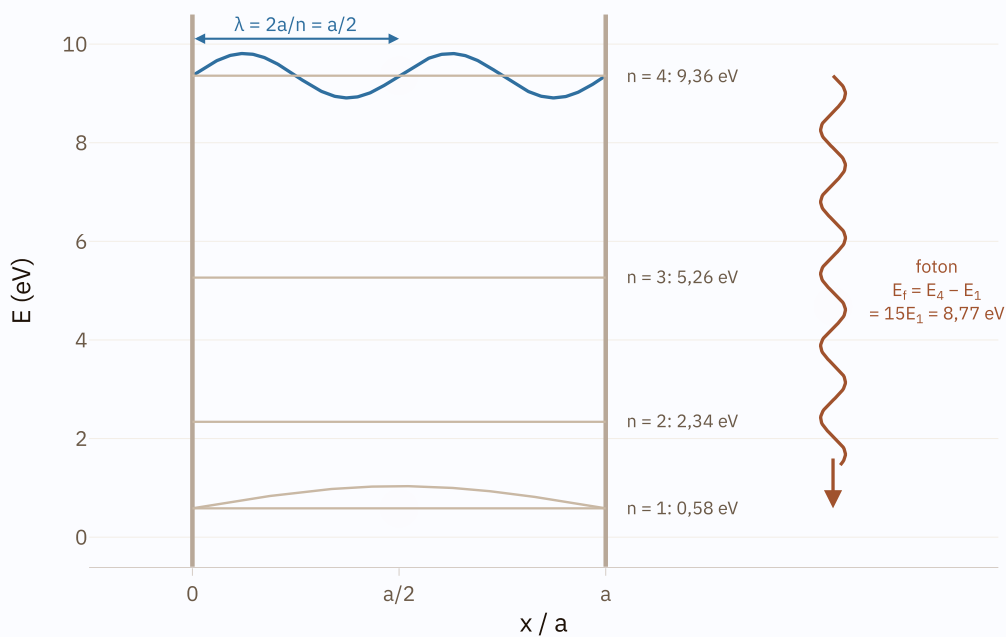
$$\Rightarrow a = \sqrt{15 \frac{h^2}{8mE_f}} = 8,018 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Fysika: Fd3 (fri partikel i endimensionell låda)

Elektronens de Broglie-våglängd i lådpotentialen:

$$\lambda_e = \frac{2a}{n} = \frac{a}{2} = 4,01 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Svar: $\lambda \approx 4,01 \text{ Å} = 0,401 \text{ nm}$



Kontrollerat mot facit.

Se även

- [F0005T](#) — kurssidan med alla tentor
 - [Harmonisk våg](#) · [Fashastighet och partikelhastighet](#) · [Fas och faskonstant](#) · [Ljudintensitet och ljudnivå](#) · [Superposition av vågor](#) · [Fasordiagram](#)
 - [Polarisation](#) · [Malus lag](#) · [Brewsters vinkel](#) · [Fresnels formler](#)
 - [Svartkroppsstrålning](#) · [Stefan-Boltzmanns lag](#) · [Wiens förskjutningslag](#) · [Väteliknande system](#) · [Linjespektrum](#) · [Partikel i låda](#)
-