

F0005T-2026-05-27

19 okt. 2026, 14 min läsning

UTKAST

#tenta #fysik #vågrörelse #modern-fysik

Kurs: F0005T — Fysik 2 **Datum:** 2026-05-27 **Examinator:** Erik Olsson **Källa:** [originaltentamen](#) · [lärarens lösningar](#) (lösningsfilens rubrik säger 2025-10-30, men innehållet är den här tentan)
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):

- två ögonblicksbilder av en våg på en kopparsträng: alla vågens storheter (1), samma figur som [maj 2023](#) uppgift 1
- två högtalare: antalet interferensmax längs en linje och frekvenserna för max i en punkt (2), samma uppställning som [mars 2025](#) uppgift 2 med andra frågor
- delvis polariserat ljus genom en polarisator och in i glas vid Brewstervinkeln (3), samma uppgift som [maj 2023](#) uppgift 3

MOF (uppgift 4–6):

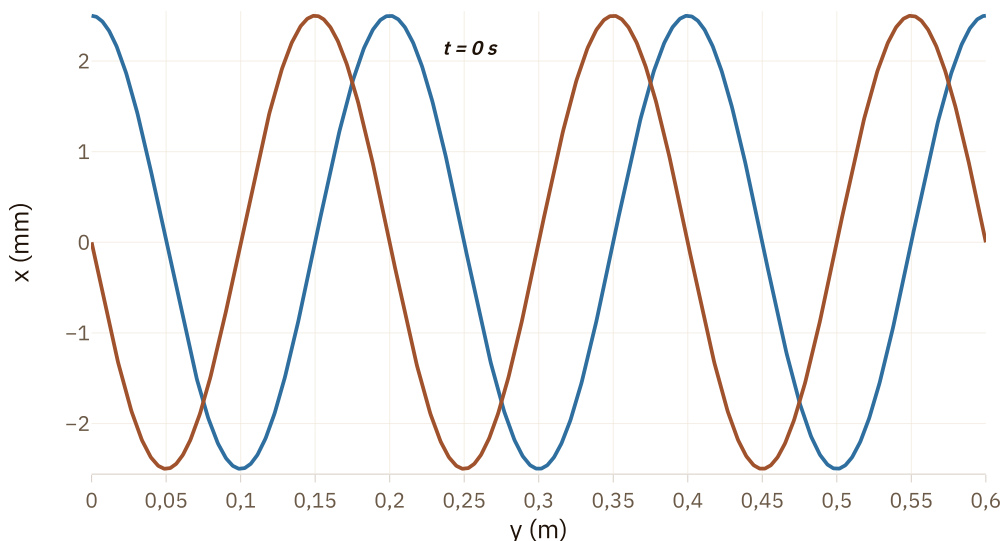
- glödtråden som svart kropp (4), samma uppgift som [augusti 2026](#) uppgift 4
- linjespektrum från joniserat helium (5), samma uppgift som [augusti 2026](#) uppgift 5
- packningstäthet i bcc och fcc, och aluminiums densitet (6)

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. Våg på en kopparsträng: alla storheter ur två bilder

I figuren nedan ses två ögonblicksbilder av en propagerande våg på en kopparsträng. Strängen har en diameter på 1,00 mm och den är uppspänd med en kraft på 6,31 N. Tiden mellan bilderna är mindre än vågens halva periodtid. Vågen ska beskrivas med en sin-funktion. Bestäm vågens våglängd, frekvens, amplitud, faskonstant, hastighet samt i vilken riktning den propagerar.



Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Harmonisk våg och Våghastighet på en sträng. Fysika: Fc1 (propagerande harmonisk våg, $k = 2\pi/\lambda$, $v = f\lambda$), Fc2a (transversella vågor i sträng) och T g1 (koppars densitet).

Ledtråd 2

Amplitud och våglängd läses av i figuren. Farten kommer inte ur figuren utan ur strängen: $v = \sqrt{F/\rho_l}$, där längddensiteten är $\rho_l = \rho\pi r^2$. Sedan ger $f = v/\lambda$ frekvensen.

Ledtråd 3

Observera axlarna: utslaget heter x och läget längs strängen y . Mindre än en halv period betyder att vågen har flyttat sig mindre än $\lambda/2$ mellan bilderna; jämför topparna och se vilket håll det blir. Faskonstanten får du ur en punkt du känner exakt i bilden vid $t = 0$, till exempel dalen vid $y = 0,1$ m.

Lösning

Samma figur och sträng som **maj 2023** uppgift 1, med andra frågor.

Ur figuren läser vi av våglängden och amplituden:

$$\lambda = 20,0 \text{ cm} = 0,200 \text{ m}, \quad a = 2,50 \text{ mm} = 2,50 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Densiteten för koppar är $\rho = 8920 \text{ kg/m}^3$, så längddensiteten blir

$$\mu = \rho \pi r^2 = 8920 \cdot \pi \cdot (0,0005)^2 = 0,007006 \text{ kg/m}$$

Fysika: T g1 (Cu: densitet $8,92 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$)

Våghastigheten:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{6,31}{0,007006}} = 30,0 \text{ m/s}$$

Fysika: Fc2a (transversella vågor i sträng, $v = \sqrt{F/\rho_l}$)

Frekvensen:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{30,0}{0,200} = 150 \text{ Hz}$$

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

Riktningen. Den blå kurvan är bilden vid $t = 0$. Topparna i den andra bilden ligger $0,05 \text{ m}$ till vänster om de blå (eller $0,15 \text{ m}$ till höger). Mindre än en halv period betyder mindre än en halv våglängd, alltså $0,05 \text{ m}$ åt vänster: vågen rör sig i **negativ y-riktning**, och skrivs

$$x = a \sin(ky + \omega t + \alpha)$$

Fysika: Fc1 (propagerande harmonisk våg; plustecknet ger utbredning åt $-y$)

Faskonstanten. Vid $y = 0,1 \text{ m}$ och $t = 0$ ligger en dal, där sinus är -1 :

$$\sin(ky + \alpha) = -1 \Rightarrow \frac{2\pi}{0,2} \cdot 0,1 + \alpha = -\frac{\pi}{2}$$

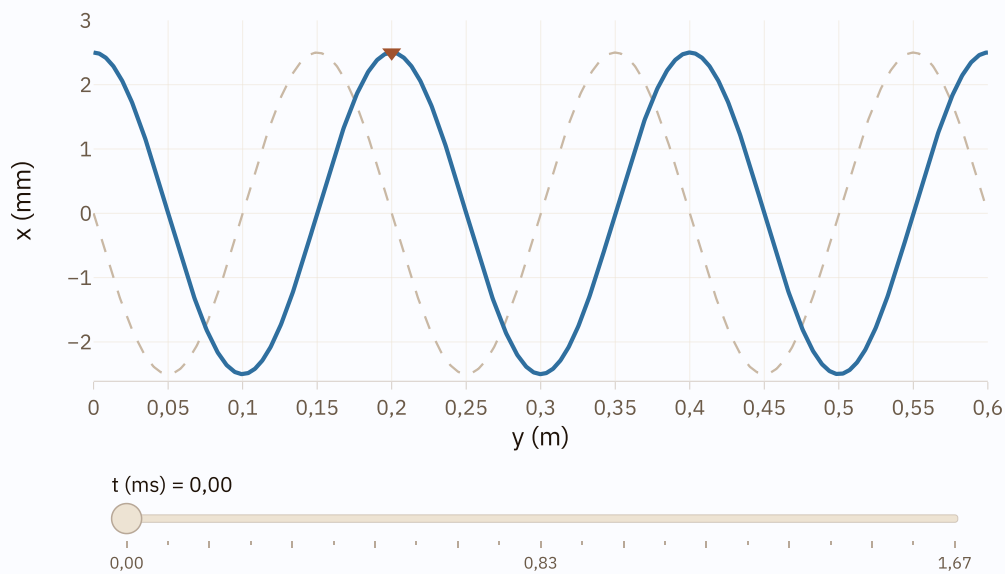
$$\Rightarrow \alpha = -\frac{3\pi}{2}$$

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

Lägg till 2π : $\alpha = \pi/2$, vilket stämmer med toppen vid $y = 0$ i den blå kurvan.

Svar: $\lambda = 20,0 \text{ cm}$, $f = 150 \text{ Hz}$, $a = 2,50 \text{ mm}$, $\alpha = \pi/2$ (med sinus; med cosinus blir det 0), $v = 30,0 \text{ m/s}$, och vågen rör sig i **negativ y-riktning**.

Dra i reglaget: toppen vid $y = 0,20 \text{ m}$ vandrar åt vänster och når $0,15 \text{ m}$ efter $1,67 \text{ ms}$, där den blå kurvan ligger på den andra bilden.



Kontrollerat mot facit.

2. Två högtalare: interferensmax längs x -axeln

Två högtalare, A och B, är kopplade till samma tongenerator och sänder ut ljud vid frekvensen 1360 Hz . Avståndet mellan högtalarna är $2,00 \text{ m}$.



- a) Hur många interferensmax kan en mikrofon registrera då den förs från högtalare A längs x -axeln om den kan inte föras oändligt långt bort? Ljudhastigheten är 340 m/s . (1,5p)
- b) Låt mikrofonen befinna sig vid $x = 3,00 \text{ m}$. Om frekvensen nu vrids ner mot $50,0 \text{ Hz}$, vid vilka frekvenser kommer mikrofonen att detektera max intensitet? (1,5p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

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

Ledtråd 2

I punkten x är avståndet till A just x och till B $\sqrt{x^2 + L^2}$. Gångvägsskillnaden $\Delta l = \sqrt{x^2 + L^2} - x$ ska vara ett helt antal våglängder för max.

Ledtråd 3

Δl är störst vid A ($= L$) och går mot noll långt bort, men når aldrig noll. Räkna hur många heltal $n \geq 1$ som ryms upp till L/λ . I b är Δl fast: skriv villkoret som $f = nv/\Delta l$.

Lösning

Samma högtalare, frekvens och mikrofonläge som mars 2025 uppgift 2, men där frågas efter minima och antal maxima.

a) Skillnaden i gångväg ges av

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

Maximal skillnad i gångväg är $L = 2,00 \text{ m}$, då $x = 0$, och $\Delta l \rightarrow 0$ först oändligt långt bort. Våglängden är

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

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

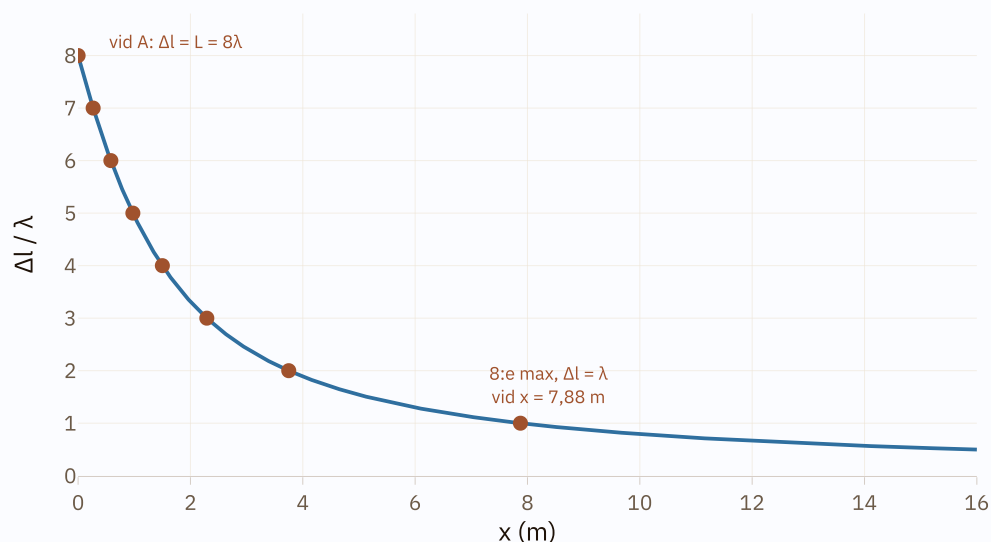
Maximum när gångvägsskillnaden är ett helt antal våglängder:

Fysika: Fc1a (superposition: störst amplitud när $\Delta\phi = k\Delta l = 2\pi n$)

Δl passerar $n\lambda$ för $n = 8, 7, \dots, 1$ ($n = 0$ nås aldrig). Antalet max ges då av

$$n_{\max} = \frac{L}{\lambda} = \frac{2}{0,250} = 8$$

Svar: **8 interferensmax** (det första precis vid A, det sista vid $x = 7,88 \text{ m}$). Räknar man bara punkter med $x > 0$ blir det 7.



b) Vid $x = 3,00 \text{ m}$ är gångvägsskillnaden

$$\Delta l = \sqrt{3^2 + 2^2} - 3 = 0,6056 \text{ m}$$

Konstruktiv interferens då

$$\Delta l = n\lambda = n \frac{v}{f} \Rightarrow f = n \frac{v}{\Delta l} = n \cdot 561,47 \text{ Hz}$$

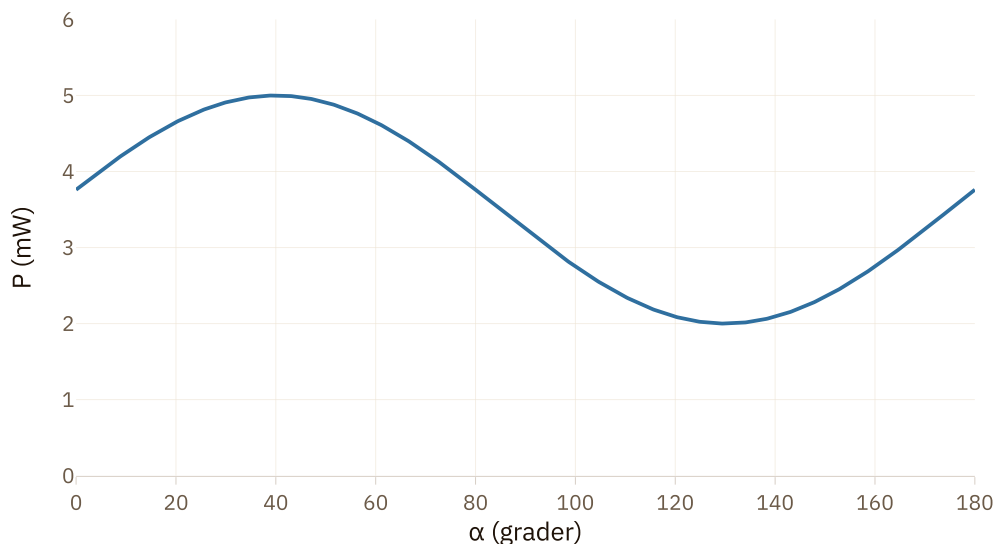
Mellan 1360 Hz och 50,0 Hz ryms $n = 1$ och $n = 2$ ($n = 3$ ger 1684 Hz).

Svar: $f_1 \approx 561 \text{ Hz}$ och $f_2 \approx 1,12 \text{ kHz}$.

Kontrollerat mot facit. Facit skriver antalet max som $n = 0L/\lambda$; nollan är ett skrivfel för $n = L/\lambda$.

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. (1,0p)

Polarisatorn ställs in så att genomsläppsriktningen är 85 grader. 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.

b) Vilken effekt har ljuset som passerar polarisatorn? (0,5p)

c) Bestäm Brewstervinkeln. (0,5p)

d) Vilken effekt har ljuset som går in i glaset? (1p)

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 d: 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 d: 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 och ger avläsningen i a och bara svaren i b–d, så lösningsgången i b–d är egen.

Samma uppgift som maj 2023 uppgift 3 och augusti 2026 uppgift 3, där b–d är sammanslagna till en deluppgift.

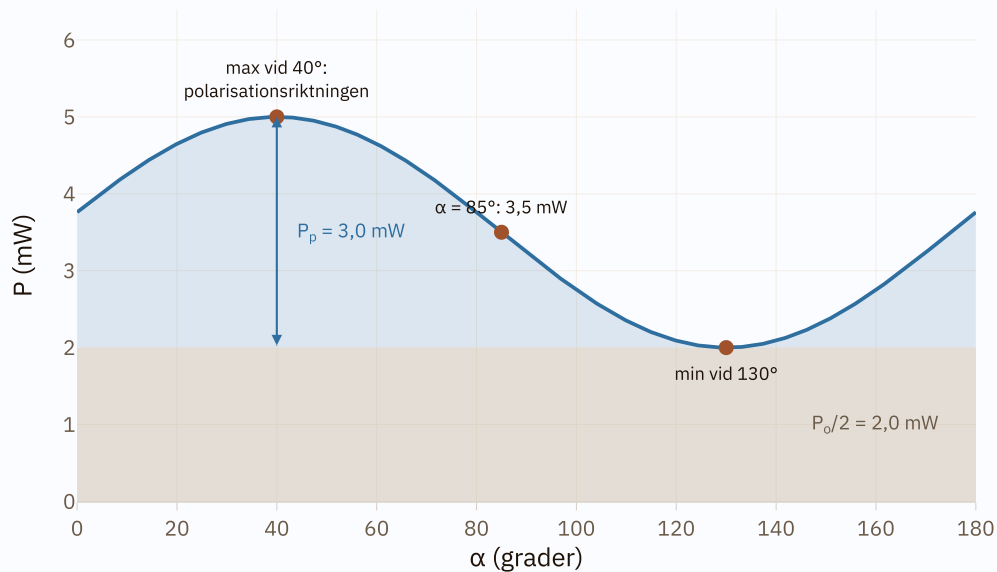
a) Efter polarisatorn är effekten

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

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° 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)

Svar: $P = 3,5 \text{ mW}$

c) Brewstervinkeln för luft mot glas:

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

Fysika: Fc3 (Brewstervinkeln)

Svar: $\theta_p \approx 57^\circ$

d) Ljuset efter polarisatorn är helt linjärpolariserat och träffar glaset vinkelrätt mot infallsplanet. 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.

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.

a) Vid vilken våglängd har den spektrala emittansen för glödtråden sitt maximum? (2p)

b) 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 $P = \pi dL\sigma T^4$.

Lösning

Samma uppgift som [augusti 2026](#) uppgift 4.

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 (σ)

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

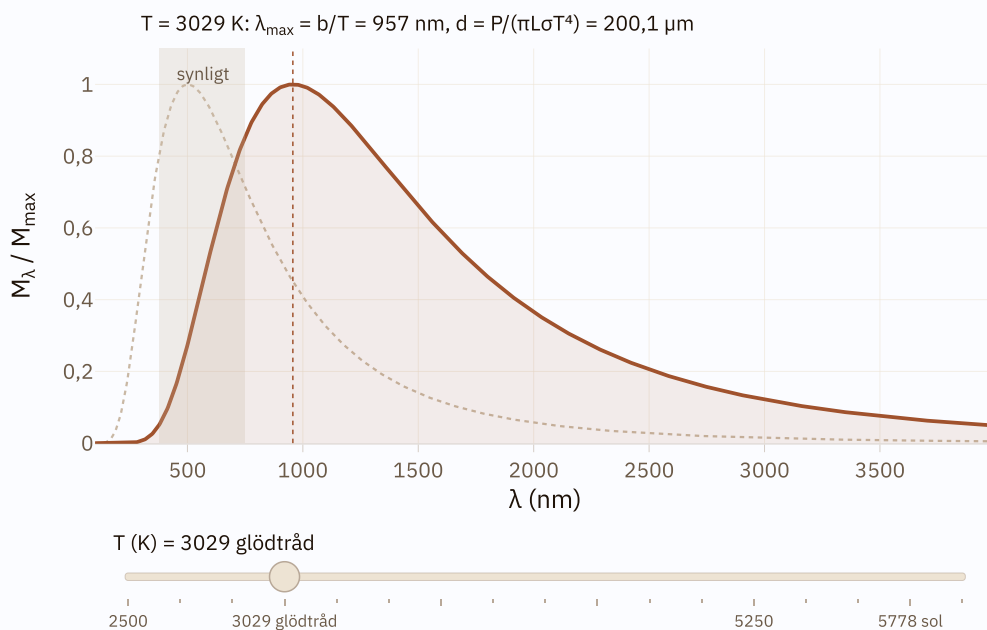
$$P = d\pi L\sigma T^4 \Rightarrow d = \frac{P}{\pi L\sigma T^4}$$

$$= \frac{60}{\pi \cdot 0,02 \cdot 5,67037 \cdot 10^{-8} \cdot 5778^4} = 15,1 \mu\text{m}$$

Fysika: Fd4 (Stefan-Boltzmanns lag), T j2 (solens effektiva yttemperatur 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 $\lambda_{\max}$ 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: $Fd3$ (energinnivåer 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

Samma uppgift som augusti 2026 uppgift 5.

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. Energinnivåerna 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 $E = hc/\lambda$)

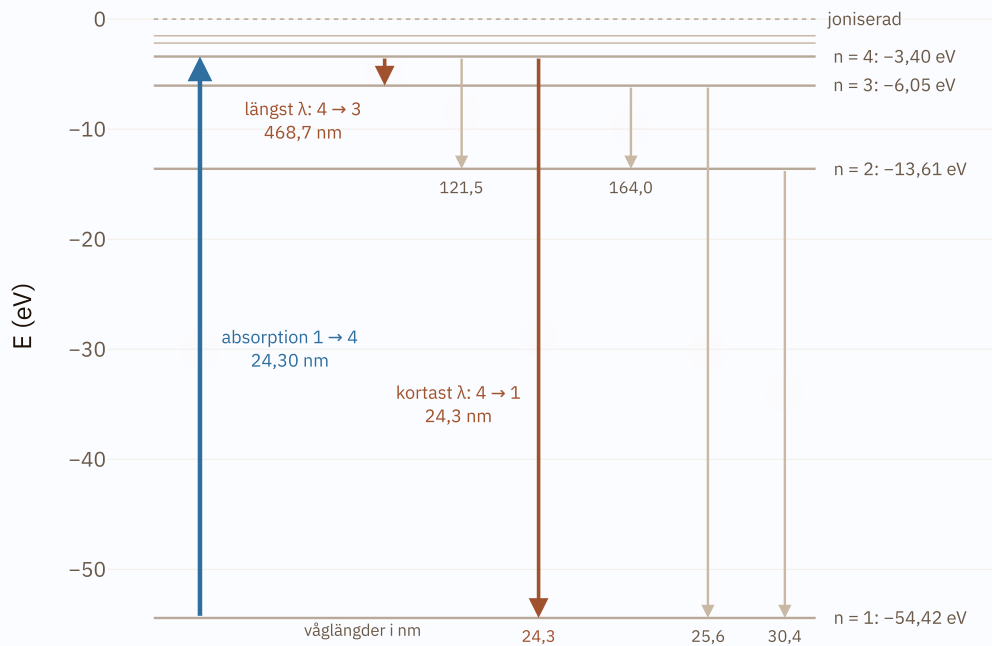
Vi provar oss fram för att se vilken övergång som matchar:

Övergång	Energi (eV)	Våglängd (nm)
2 → 1	40,817	30,37
3 → 2	7,559	164,0
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: $\lambda_{\min} \approx 24,3 \text{ nm}$



i 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. Packningstäthet i bcc och fcc, och aluminiums densitet

a) Beräkna packningstätheten, atomvolym/cellvolym, för en bcc-struktur och för en fcc-struktur. (2p)

b) Beräkna densiteten för aluminium utifrån data om kristallstrukturen. (1p)

Totalpoäng: 3

Ledtråd 1

Kristallgitter: kubiska enhetsceller. Aluminiums kristallstruktur, gitterkonstant och atomvikt står i Fysika: T k3, atommassenheten i Te.

Ledtråd 2

Räkna atomer per cell: hörnatomer delas av 8 celler, ytatomer av 2, en mittatom av ingen. Packningstätheten är antalet atomer gånger $\frac{4}{3}\pi r^3$ delat med a^3 , och du behöver ett samband mellan r och a .

Ledtråd 3

Atomerna nuddar varandra längs den diagonal där de ligger tätast: rymddiagonalen $\sqrt{3}a$ i bcc och ytdiagonalen $\sqrt{2}a$ i fcc. Båda rymmer $4r$.

Lösning

a) Bcc (body centered cubic). En gitterpunkt i varje hörn och en i mitten av enhetscellen som inte delas med andra. Antalet atomer per cell är då

$$8 \cdot \frac{1}{8} + 1 = 2$$

Atomerna nuddar varandra längs rymddiagonalen, så sambandet mellan atomradien och gitterkonstanten är

$$3a^2 = (4r)^2 \Rightarrow a = \sqrt{\frac{16}{3}} r$$

Packningstätheten blir då

$$\frac{2 \cdot \frac{4}{3}\pi r^3}{a^3} = \frac{8\pi}{3\left(\frac{16}{3}\right)^{3/2}} = \frac{\sqrt{3}\pi}{8} = 0,68$$

Fcc (face centered cubic). En gitterpunkt i varje hörn och en på varje sida, som delas mellan två enhetsceller. Antalet atomer per cell är då

$$8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} = 4$$

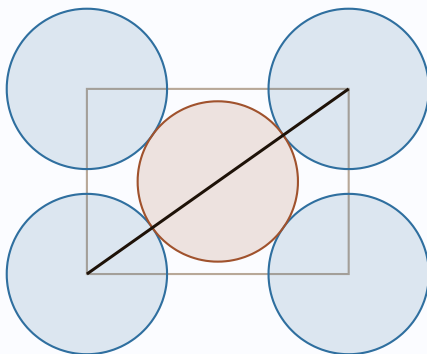
Atomerna nuddar varandra längs ytdiagonalen:

$$2a^2 = (4r)^2 \Rightarrow a = \sqrt{8} r$$

Packningstätheten blir då

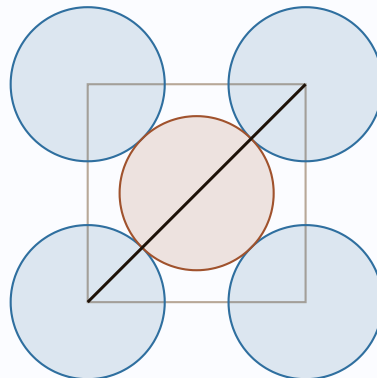
$$\frac{4 \cdot \frac{4}{3}\pi r^3}{a^3} = \frac{16\pi}{3 \cdot 8^{3/2}} = \frac{2\pi}{3\sqrt{8}} = 0,74$$

BCC: snitt genom rymddiagonalen



$$\sqrt{3} \cdot a = 4r \text{ längs diagonalen}$$

FCC: en sidoyta



$$\sqrt{2} \cdot a = 4r \text{ längs diagonalen}$$

Svar: bcc: 0,68 och fcc: 0,74

b) Aluminium har fcc-struktur, vilket innebär 4 atomer per cell, med gitterkonstanten $a = 4,05 \text{ \AA}$ och atomvikten 26,981539 u:

Fysika: T k3 (Al: FCC, $a = 4,05 \text{ \AA}$, atomvikt 26,981539 u), Te (1 u = $1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{4m}{a^3} = \frac{4 \cdot 26,981539 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27}}{(4,05 \cdot 10^{-10})^3} = 2697,8 \text{ kg/m}^3$$

Svar: $\rho \approx 2,70 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

Tabellvärdet är $2,702 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ (*Fysika: T g1*).

Kontrollerat mot facit.

Se även

- [F0005T](#) — kurssidan med alla tentor
 - [Harmonisk våg](#) · [Våghastighet på en sträng](#) · [Interferens](#) · [Superposition av vågor](#)
 - [Polarisation](#) · [Malus lag](#) · [Brewsters vinkel](#) · [Fresnels formler](#)
 - [Svartkroppsstrålning](#) · [Stefan-Boltzmanns lag](#) · [Wiens förskjutningslag](#) · [Väteliknande system](#) · [Linjespektrum](#) · [Kristallgitter](#)
-