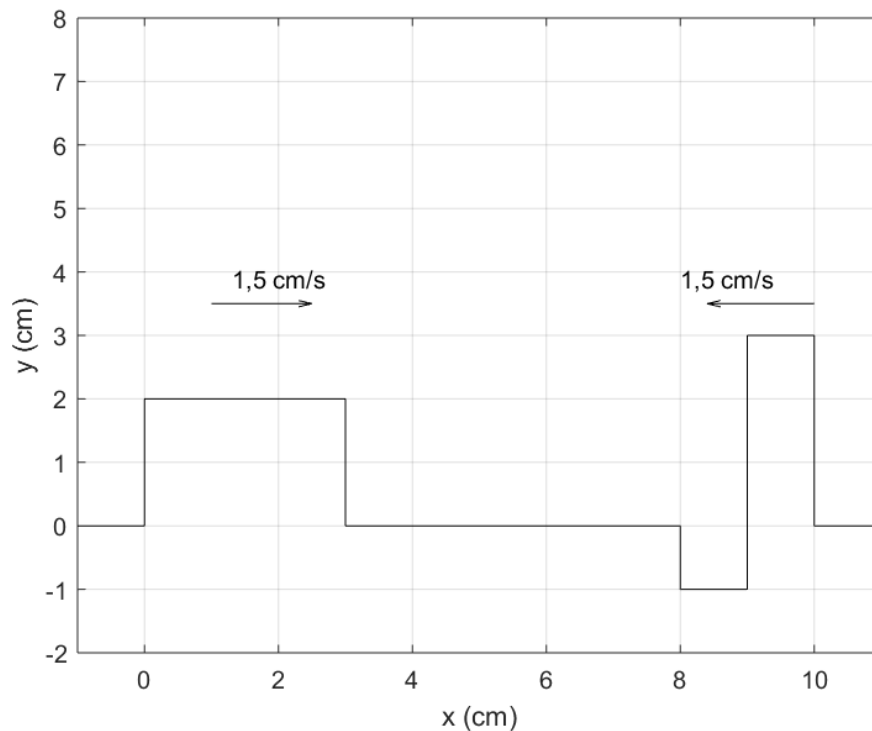


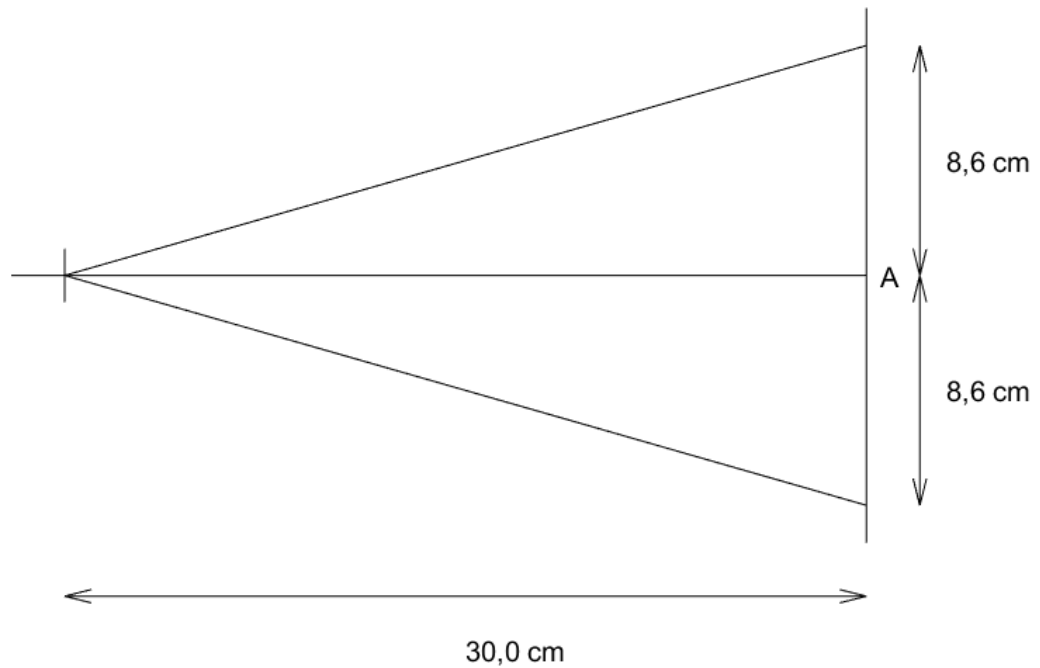


Kurs:	HF0025 Fysik för basår II						
Moment:	TENB 8 hp						
Program:	Tekniskt basår/Bastermin TBASA						
Rättande lärare:	Nicklas Brandefelt, Staffan Linnæus och Maria Shamoun						
Examinator:	Staffan Linnæus						
Datum:	2020-06-04						
Tid:	8.00-10.00, 10.20-12.20 (distans)						
Jourhavande lärare:	Staffan Linnæus linnaeus@kth.se , tel 08-7904804						
Hjälpmedel:	Miniräknare. Godkänd formelsamling ISBN 978-91-27-72279-8, ISBN 978-91-27-42245-2 eller ISBN 978-91-27-45720-1. Passare, gradskiva och linjal						
Omfattning och betygsgränser:	0-10p	11p	12-14	15-17	18-20	21-23	24-26
	F	Fx	E	D	C	B	A
Övrig information:	<p>Till samtliga uppgifter krävs fullständiga lösningar. Lösningarna skall vara tydliga och lätta att följa. Skriv helst med blyertspenna. Införda beteckningar skall definieras. Uppställda samband skall motiveras. Till uppgifter innehållande kraftsituationer (eller andra vektorsituationer) skall vektorfigurer ritas med linjal. Uppgifter med elektriska kretsar skall redovisas med kopplingsscheman som definierar använda storheter.</p> <p>Lycka till!</p>						

1. Två pulser rör sig mot varandra längs en sträng. Pulserna har farterna 1,5 cm/s enligt figur. Rita strängens utseende 2,0 s efter det visade läget. Endast svar krävs. (2p)

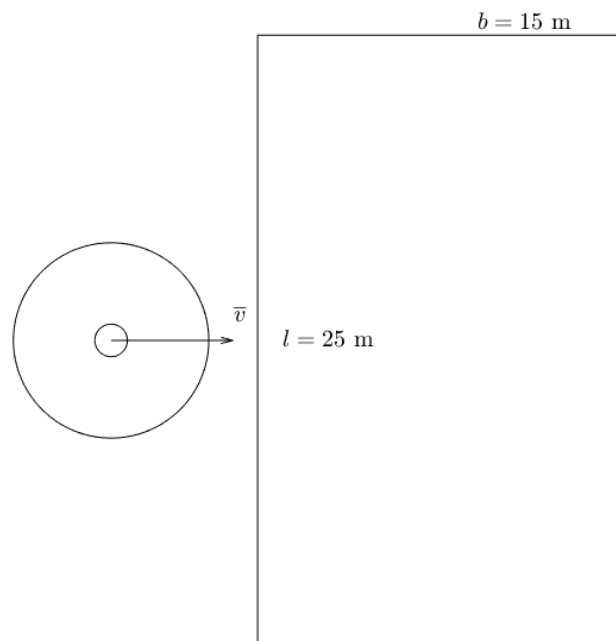


2. Bestäm längsta våglängden i Paschenserien, det vill säga längsta våglängden för energiovergångarna ned till tillståndet med $n = 3$ i en väteatom. Svara med tre värdesiffror. (2p)
3. Ett preparat består av 2,0 g $^{226}_{88}\text{Ra}$. Bestäm antalet atomer av denna typ av radium som återstår efter $1,0 \cdot 10^3$ år. (2p)
4. Ett gitter är parallellt med en vägg A. Avståndet mellan gittret och väggen är 30,0 cm. En laserstråle skickas horisontellt och vinkelrätt genom gittret. Första ordningens ljusmaxima ligger 8,6 cm från centralmaximum på A. Se figur.

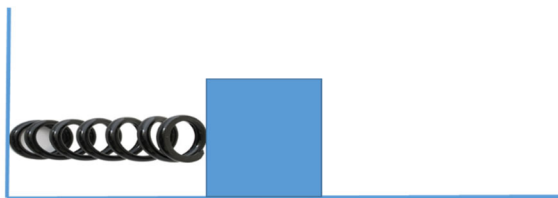


Gittret har 510 linjer/mm. Bestäm laserns frekvens. (2p)

5. a) Angiv reaktionsformeln för sönderfallet av $^{14}_8\text{O}$. (1p)
b) Bestäm den energi som frigöres vid ett sådant sönderfall. Svara i MeV och med två värdesiffror. (1p)
6. En spanare befinner sig i ett högt torn på en okänd planet och ser ett flygande tefat som rör sig med farten $0,60c$. Det flygande tefatets hastighet \vec{v} är riktad enligt figur. Nära tornet och det flygande tefatet befinner sig en byggnad som enligt spanaren har längden $l = 25\text{ m}$ och bredden $b = 15\text{ m}$.

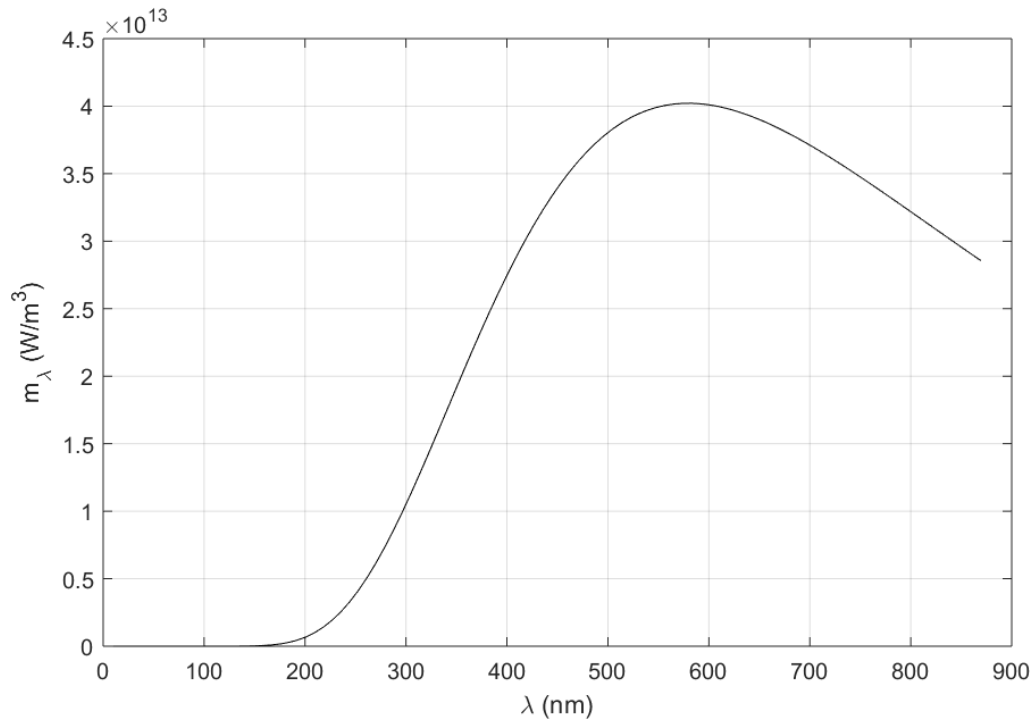


- a) Vilken längd l har byggnaden enligt en observatör på det flygande tefatet? (1p)
- b) Vilken bredd b har byggnaden enligt en observatör på det flygande tefatet? (1p)
7. Ett stycke metall belyses med ultraviolett strålning med våglängden $0,24 \mu\text{m}$. De angivna elektronernas maximala rörelseenergi uppmätts till $2,7 \text{ eV}$. När samma stycke belyses med ultraviolett strålning med våglängden $0,20 \mu\text{m}$ mätes elektronernas maximala rörelseenergi till $3,8 \text{ eV}$. Uppskatta värdet på Plancks konstant h utgående dessa data. Tabellvärden för övriga naturkonstanter får användas. (2p)
8. En fjäder har den naturliga längden 21 cm . Fjäders ena ände fästs vid en låda och den andra fästs vid en vägg. Sedan drages fjädern ut $4,8 \text{ cm}$ och släpps från vila. Vid vilka fjäderlängder är lådans potentiella energi dubbelt så stor som dess rörelseenergi? Potentiella energin anses vara 0 J då rörelseenergin är maximal. Försumma friktion och fjäderns massa. Lådan rör sig hela tiden horisontellt längs en rät linje. (2p)



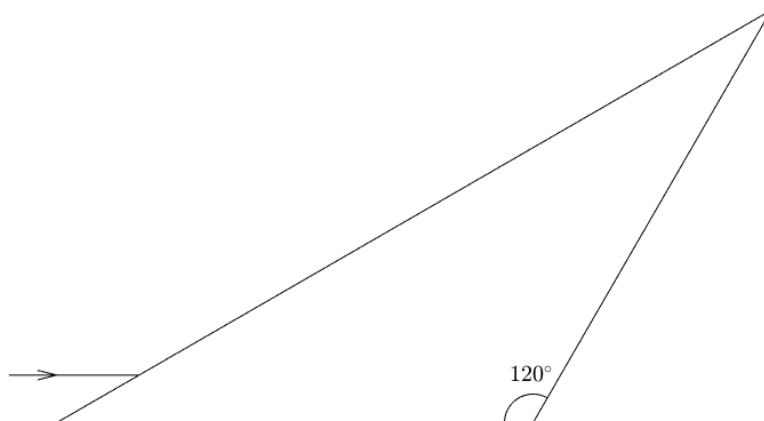
9. Figuren visar den spektrala emittansen $m_\lambda = \frac{dM}{d\lambda}$ som funktion av våglängden för en svart kropp med temperaturen $5,0 \cdot 10^3 \text{ K}$.
- a) Uppskatta bidraget från våglängderna mellan 300 nm och 400 nm till den totala emittansen för den svarta kroppen med hjälp av figuren. Var tydlig med hur du använder figuren. (1p)

b) Uppskatta konstanten i Wiens förskjutningslag b_λ med hjälp av figuren. Var tydlig med hur du använder figuren. (1p)

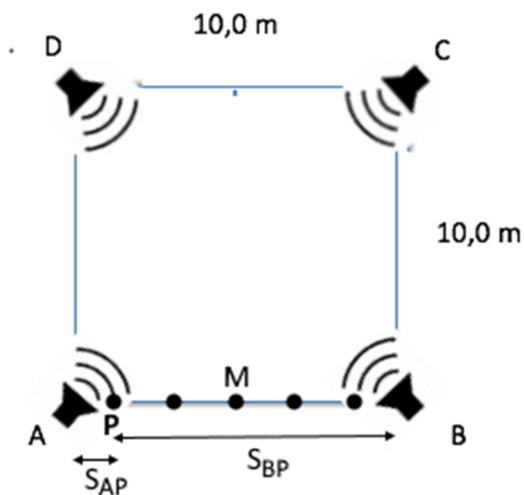


10. Man vill accelerera elektroner i vila så att de får de Broglie-våglängden 2,1 pm. Vilken accelerationsspänning ska man välja? (2p)

11. En laserstråle går från vakuum in i ett prisma med basyta i form av en likbent triangel enligt figuren. Laserstrålen rör sig i ett plan som är parallellt med basytan. Brytningsindexet i prismet är 1,30. Den ingående laserstrålen är parallell med triangelns bas enligt figuren. Bestäm vinkeln mellan den utgående och den ingående strålen. (3p)



12. På ett fält står fyra högtalare. De sänder ut ljud i alla riktningar. Alla högtalare sänder ut ljud med samma frekvens och högtalarna är i fas med varandra. Högtalarna är placerade på marken i hörnen av en kvadrat med sidorna 10,0 m (se figur). Ljudfarten är 341 m/s.



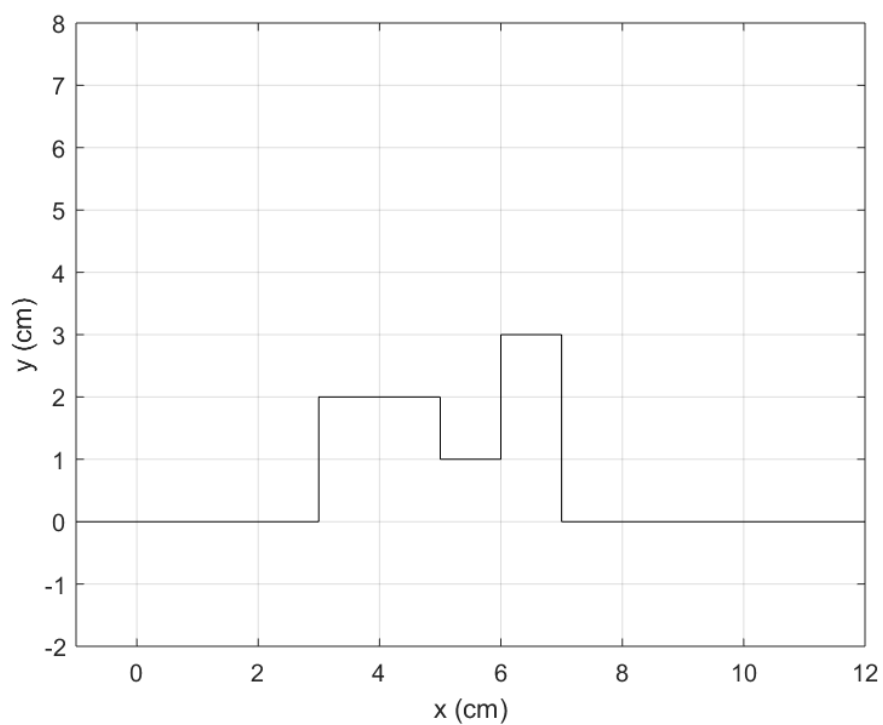
Punkten M är mittpunkten på sträckan mellan A och B.

a) Första ljudmaximumet över M inträffar på höjden 15,0 m ovanför fältet. Bestäm frekvensen. (2p)

b) När högtalarna C och D kopplas ur fås ljudmaxima (•) på sträckan mellan A och B enligt figur. Beräkna sträckan S_{AP} . Om du inte har gjort uppgift a) kan du sätta frekvensen till (det felaktiga värdet) 111 Hz. (1p)

Lösningar:

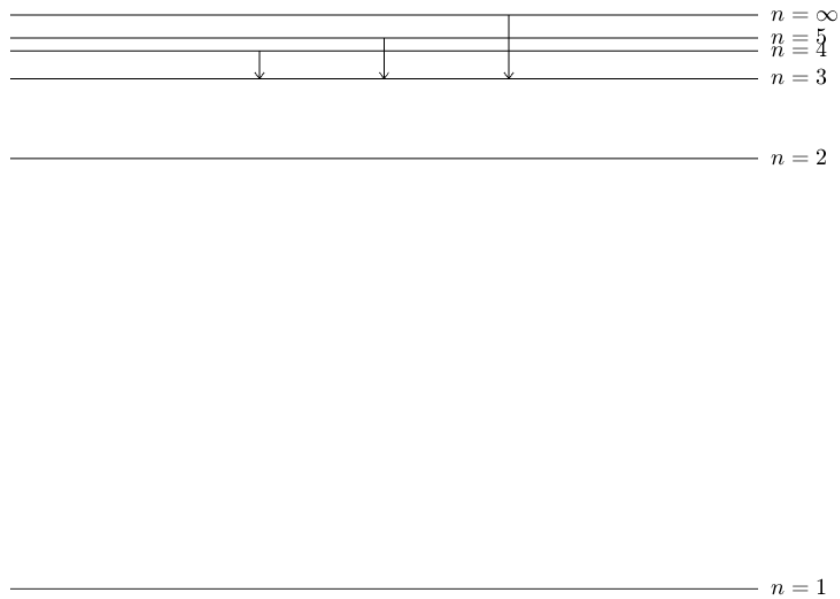
1. SVAR:



2. Rydbergs formel är

$$\frac{1}{\lambda} = RZ^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right).$$

R är Rydbergskonstanten $1,09737 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$. λ är våglängden. Största våglängden motsvarar minsta energinivån över den givna nivå ($n_1 = 3$). Därför är $n_2 = 4$. Slutligen är atomnumret $Z = 1$.



$$\lambda = \frac{1}{RZ^2(1/n_1^2 - 1/n_2^2)}.$$

Med insatta värden får vi

$$\lambda = \frac{1}{1,09737 \cdot 10^7 \cdot 1^2 (1/3^2 - 1/4^2)} \text{ m} = 1,87 \dots \cdot 10^{-6} \text{ m}.$$

SVAR: Våglängden är 1,87 μm .

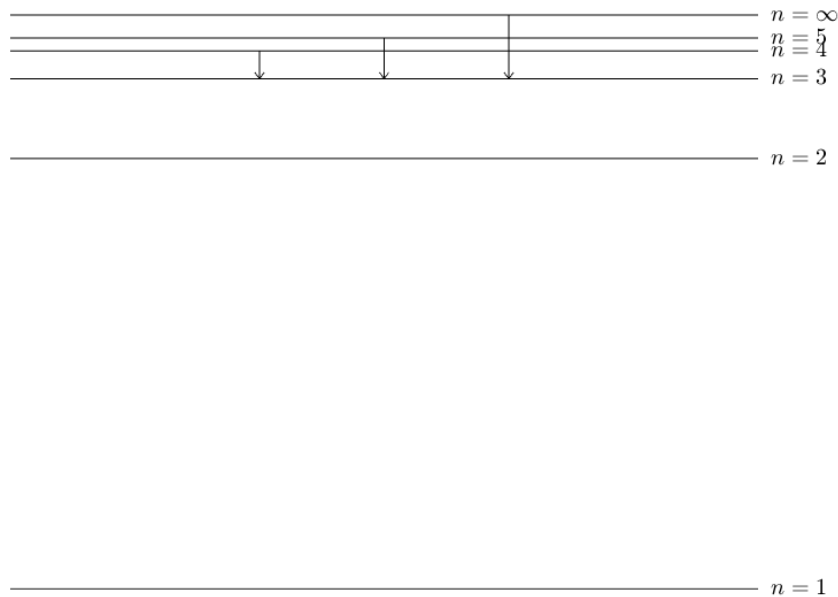
Alternativ kan man räkna med energinivåer.

$$E_n = -\frac{E_j}{n^2}$$

($n = 1, 2, 3, \dots$)

där $E_j = 13,6 \text{ eV}$ är väteatomens joniseringsenergi.

Största våglängden motsvarar minsta skillnad i energi d.v.s. övergången representerad av pilen längst till vänster.



Energien blir

$$E = E_4 - E_3 = -\frac{E_j}{4^2} - \left(-\frac{E_j}{3^2}\right) = E_j \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16}\right).$$

Fotonenergin är $E = hf = h \frac{c}{\lambda}$, där c är ljusets fart och f frekvensen, d.v.s.

$$h \frac{c}{\lambda} = E_j \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16}\right)$$

$$\lambda = \frac{hc}{E_j \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16}\right)}.$$

Med insatta värden $h = 6,6261 \cdot 10^{-34}$ Js, $c = 299792458$ m/s och

$$E_j = 13,6 \text{ eV} = 13,6 \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ J får vi}$$

$$\lambda = \frac{6,6261 \cdot 10^{-34} \cdot 299792458}{13,6 \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19} \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16}\right)} \text{ m} = 1,8753957 \dots \cdot 10^{-6} \text{ m}.$$

SVAR: Våglängden är 1,88 μm .

3. Massan för en radiumatom av denna typ är $M = 226,0254 \text{ u} = 226,0254 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Totala massan radium just nu är $m = 2,0 \text{ g} = 0,0020 \text{ kg}$. Antalet radiumatomer just nu är således

$$N_0 = \frac{m}{M} = \frac{0,0020}{226,0254 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27}} = 5,3287 \dots \cdot 10^{21}.$$

Halveringstiden är $T = 1,6 \cdot 10^3$ år.

Efter tiden $t = 1,0 \cdot 10^3$ år återstår således

$$N = N_0 2^{-t/T} = 5,3287 \dots \cdot 10^{21} \cdot 2^{-1,0 \cdot 10^3 / (1,6 \cdot 10^3)} = 3,45525 \dots \cdot 10^{21} \text{ radiumatomer av denna typ}.$$

SVAR: $3,5 \cdot 10^{21}$.

4.

Våglängden är

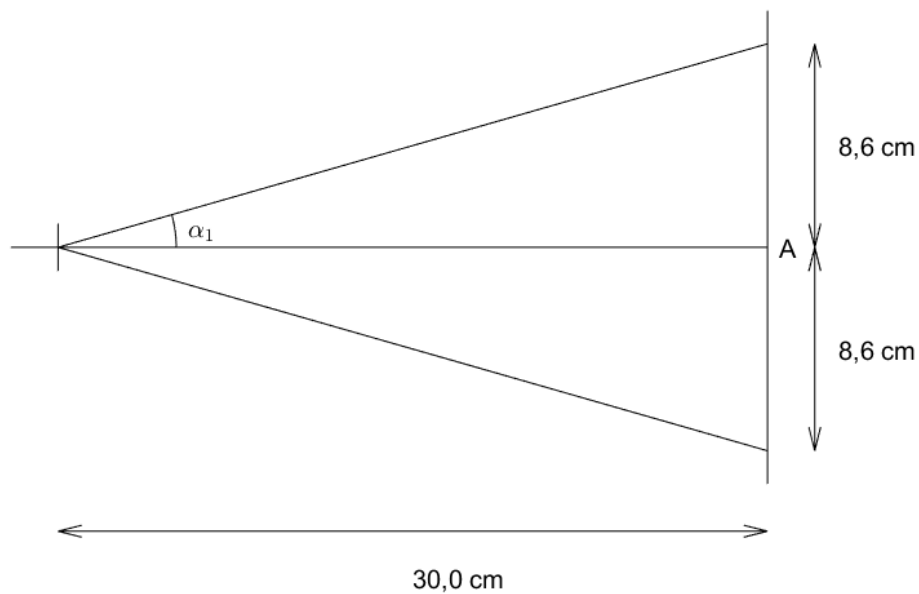
$$\lambda = \frac{c}{f}, (1)$$

där $c = 299792458$ m/s är ljusets fart i vacuum och f är den sökta frekvensen.

Det gäller att

$$\tan \alpha_1 = 8,6 / 30,0$$

$$\alpha_1 = \arctan(8,6 / 30,0).$$



Gitterkonstanten är $d = \frac{1\text{mm}}{510} = \frac{10^{-3}}{510} \text{m} = 1,96078 \dots \cdot 10^{-6} \text{m}$.

Vi har ett gitter med vinkelrätt infall.

$$d \sin \alpha_p = p \lambda.$$

Det är första ordningen så $p = 1$.

$$d \sin \alpha_1 = 1 \cdot \lambda.$$

Enligt (1) gäller

$$d \sin \alpha_1 = \frac{c}{f}$$

$$f = \frac{c}{d \sin \alpha_1}.$$

Med insatta värden får vi

$$f = \frac{299792458}{1,96078 \dots \cdot 10^{-6} \cdot \sin(\arctan(8,6 / 30,0))} \text{Hz} = 5,5483 \dots \cdot 10^{14} \text{Hz}.$$

SVAR: Frekvensen är 0,55 PHz.

5.

a) Enligt Formler OCH Tabeller sida 76 har vi ett β^+ -sönderfall.

SVAR: ${}^{14}_8\text{O} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{+1}\text{e} + \nu_e + \text{energi}.$

b)

$$m({}^{14}_8\text{O}) = 14,00860 \text{ u.}$$

$$m({}^{14}_7\text{N}) = 14,00307 \text{ u.}$$

$$\Delta m = m({}^{14}_8\text{O}) - 8m_e - (m({}^{14}_7\text{N}) - 7m_e) - m_e = m({}^{14}_8\text{O}) - m({}^{14}_7\text{N}) - 2m_e =$$

$$14,00860 - 14,00407 - 2 \cdot 0,00054858 \text{ u} = 0,00443284 \text{ u} = 0,00443284 \cdot 931,494 \text{ MeV} = 4,129 \dots \text{MeV}.$$

SVAR: Energin 4,1 MeV frigörs.

6.

a) Längdkontraktionen uppträder endast längs med rörelsen så l är oförändrad.

a) SVAR: Byggnadens längd är $l = 25 \text{ m}$ enligt observatören på det flygande tefatet.

b) Längdkontraktion: $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. Observatören på det flygande tefatet rör sig med farten

$v = 0,60c$ relativt byggnaden. Hastigheten är riktad längs med b .

Alltså är byggnadens bredd enligt observatören

$$b_{\text{observatör}} = b \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 15 \sqrt{1 - 0,60^2} \text{ m} = 12 \text{ m.}$$

b) SVAR: Byggnadens bredd är 12 m enligt observatören på det flygande tefatet.

7. Vi har fotoelektrisk effekt

$$hf = E_u + E_k$$

$$E_k = hf - E_u.$$

E_k är den maximala rörelseenergin, f är frekvensen och E_u är utträdesenergin.

$$f = \frac{c}{\lambda} \text{ medför}$$

$$E_k = \frac{hc}{\lambda} - E_u.$$

Vi utför experiment med våglängderna $\lambda_1 = 0,24 \mu\text{m}$ och $\lambda_2 = 0,20 \mu\text{m}$ och motsvarande maximala rörelseenergieer för elektronerna $E_{k,1} = 2,7 \text{ eV}$ och $E_{k,2} = 3,8 \text{ eV}$.

Därför gäller

$$\begin{cases} E_{k,1} = \frac{hc}{\lambda_1} - E_u \\ E_{k,2} = \frac{hc}{\lambda_2} - E_u \end{cases}.$$

Detta medför att

$$E_{k,2} - E_{k,1} = \frac{hc}{\lambda_2} - \frac{hc}{\lambda_1}$$

$$E_{k,2} - E_{k,1} = hc \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right)$$

$$h = \frac{E_{k,2} - E_{k,1}}{c \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right)}.$$

Med insatta värden får vi

$$h = \frac{(3,8 - 2,7) \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19}}{299792458 \left(\frac{1}{0,20 \cdot 10^{-6}} - \frac{1}{0,24 \cdot 10^{-6}} \right)} \text{ Js} = 7,054 \dots \cdot 10^{-34} \text{ Js}.$$

SVAR: Plancks konstant är $h = 7,1 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ enligt givna data.

8.

Fjäderkonstanten är k , elongationen y , amplituden A , massan m och farten v .

Totala energin E består av potentiell energi

$$E_p = \frac{ky^2}{2} \quad (1)$$

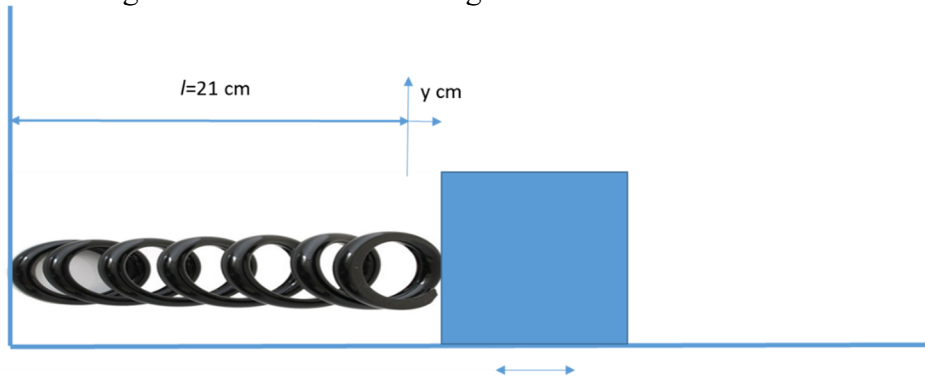
och rörelseenergi

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Därför gäller

$$E = E_p + E_k. \quad (2)$$

Fjädern svänger fram och tillbaka. Se figur nedan.



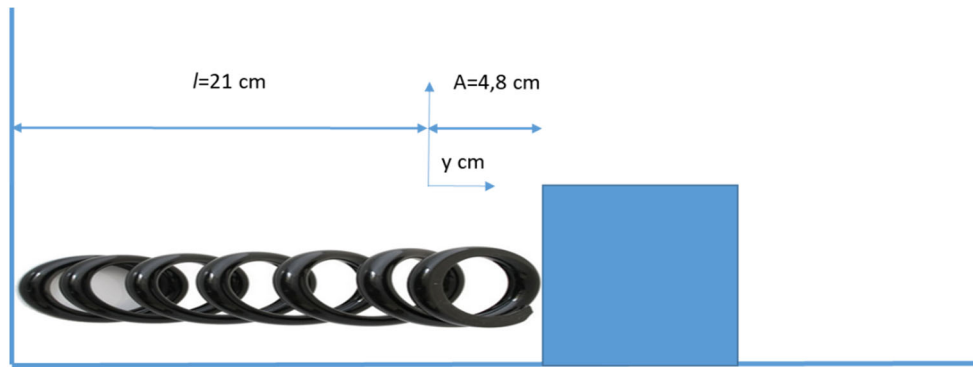
Figuren visar fjädern i svängningsrörelse.

I utdraget läge (se figur nedan) är elongationen $y=A$ och farten $v=0$. Därför är potentiella energin

$$E_p = \frac{kA^2}{2} \text{ och rörelseenergin } E_k = 0. \text{ Vi har då } E = \frac{kA^2}{2} + 0 = \frac{kA^2}{2}.$$

Enligt (2) gäller nu

$$\frac{kA^2}{2} = E_p + E_k. \quad (3)$$



Figuren visar fjädern i utdraget läge.

Villkoret här är att

$$E_p = 2E_k$$

$$E_k = \frac{E_p}{2} \cdot (4)$$

(4) i (3) medför

$$\frac{kA^2}{2} = E_p + \frac{E_p}{2}$$

$$\frac{kA^2}{2} = \frac{3}{2}E_p \cdot (5)$$

(1) i (5) medför

$$\frac{kA^2}{2} = \frac{3}{2} \frac{ky^2}{2}$$

$$y^2 = \frac{2}{3}A^2$$

$$y = \pm \sqrt{\frac{2}{3}}A.$$

Den naturliga längden är $l = 21$ cm.

De sökta fjäderlängderna är $l + y$.

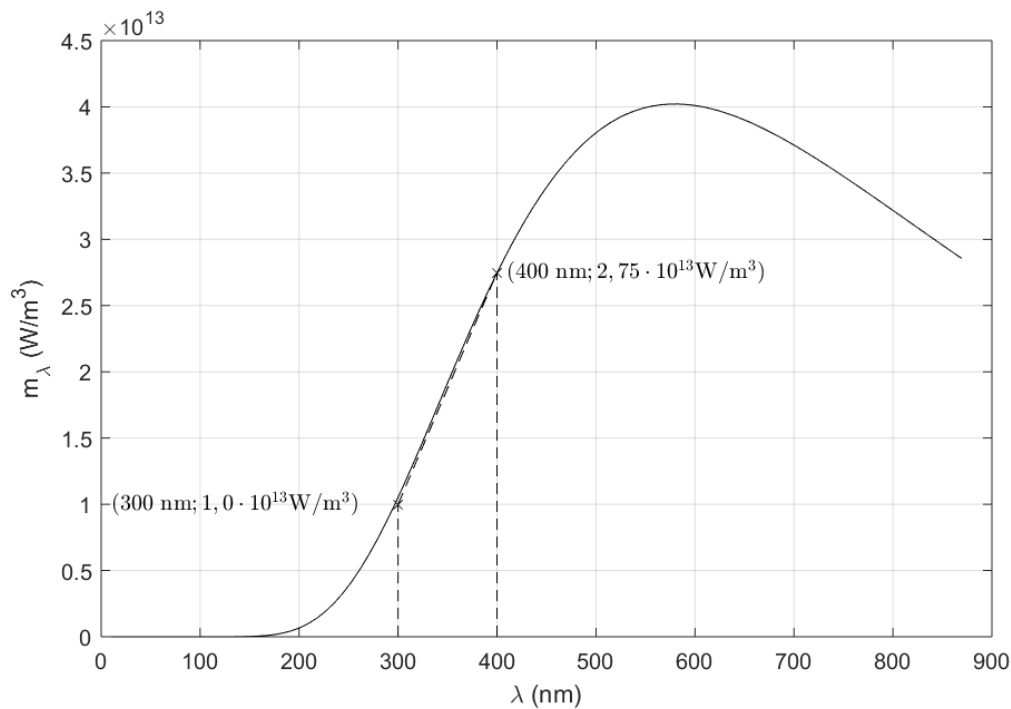
Med insatta värden blir de sökta fjäderlängderna $21 \text{ cm} \pm \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot 4,8 \text{ cm}$.

SVAR: Fjäderlängderna är 25 cm och 17 cm.

9.

a) Bidraget till den totala emittansen är $M_{\text{bidrag}} = \int_{300 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} m_{\lambda} d\lambda$.

Bidraget till den totala emittansen uppskattas med arean av parallelltrapetsen i figuren d.v.s.



$$M_{\text{bidrag}} \approx \frac{1}{2} (400 - 300) \cdot 10^{-9} \cdot (2,75 \cdot 10^{13} + 1,0 \cdot 10^{13}) \text{ W/m}^2 = 1,875 \cdot 10^6 \text{ W/m}^2.$$

a) SVAR: Bidraget till den totala emittansen är 1,9 MW/m².

b) Enligt grafen är m_λ störst då $\lambda = \lambda_{\text{max}} = 580 \text{ nm}$. Temperaturen är $T = 5,0 \cdot 10^3 \text{ K}$.

Således är $b_\lambda = \lambda_{\text{max}} T = 580 \cdot 10^{-9} \cdot 5,0 \cdot 10^3 \text{ Km} = 0,0029 \text{ Km}$.

b) SVAR: Konstanten i Wiens förskjutningslag är 0,0029 Km enligt grafen.

10. Från formelsamlingen erhålls följande data:

Elektronens massa är $m = 9,1094 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

Elektronens laddning är $e = 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Plancks konstant är $h = 6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$.

Ljusets fart är $c = 299792458 \text{ m/s}$.

Givet är våglängden $\lambda = 2,1 \text{ pm} = 2,1 \cdot 10^{-12} \text{ m}$.

Övriga storheter är accelerationsspänningen U , rörelsemängdens storlek p , de Broglie-våglängden λ , farten v , elektrisk energi E_{el} och rörelseenergi E_k .

de Broglie-våglängden uppfyller

$$\lambda = \frac{h}{p},$$

där

$$p = \frac{mv}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}.$$

Således gäller

$$\lambda = \frac{h\sqrt{1 - v^2 / c^2}}{mv}$$

$$\lambda^2 = \frac{h^2(1 - v^2 / c^2)}{m^2 v^2}$$

$$\lambda^2 m^2 v^2 = h^2 - h^2 v^2 / c^2$$

$$\lambda^2 m^2 v^2 + h^2 v^2 / c^2 = h^2$$

$$v^2 / c^2 \cdot (\lambda^2 m^2 c^2 + h^2) = h^2$$

$$v^2 = \frac{c^2 h^2}{\lambda^2 m^2 c^2 + h^2}.$$

Eftersom $v > 0$ gäller

$$v = \sqrt{\frac{c^2 h^2}{\lambda^2 m^2 c^2 + h^2}}.$$

Med insatta värden får vi

$$v = \sqrt{\frac{(6,6261 \cdot 10^{-34} \cdot 299792458)^2}{(2,1 \cdot 10^{-12} \cdot 9,1094 \cdot 10^{-31} \cdot 299792458)^2 + (6,6261 \cdot 10^{-34})^2}} \text{ m/s}$$

$$= 2,2667967 \dots \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

Elektrisk energi E_{el} omvandlas till rörelseenergi E_k .

Energiprincipen medför

$$E_{\text{el}} = E_k$$

$$eU = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} - 1 \right)$$

$$U = \frac{mc^2}{e} \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} - 1 \right).$$

Med insatta värden i (2) får vi

$$U = \frac{9,1094 \cdot 10^{-31} \cdot 299792458^2}{1,60218 \cdot 10^{-19}} \left(\frac{1}{\sqrt{1 - (2,2667967 \dots \cdot 10^8 / 299792458)^2}} - 1 \right) \text{ V} = 2,698 \dots \cdot 10^5 \text{ V.}$$

SVAR: Accelerationsspänningen ska vara 0,27 MV.

Alternativt kan energitriangeln användas. Nya storheter är då viloenenergi E_0 och total energi E .

Däremot behövs då inte farten v .

”Energitriangeln”

$$E^2 - (pc)^2 = E_0^2$$

$$E^2 = E_0^2 + (pc)^2$$

$$E = \sqrt{E_0^2 + (pc)^2} \quad (1)$$

För rörelseenergin E_k gäller

$$E_k = E - E_0.$$

Sambandet (1) medför

$$E_k = \sqrt{E_0^2 + (pc)^2} - E_0 \quad (2)$$

För den elektriska energin E_{el} gäller

$$E_{\text{el}} = eU \quad (3)$$

Elektrisk energi E_{el} omvandlas till rörelseenergi E_k .

Energiprincipen medför

$$E_{el} = E_k.$$

Sambanden (2) och (3) medför

$$eU = \sqrt{E_0^2 + (pc)^2} - E_0$$

$$U = \frac{\sqrt{E_0^2 + (pc)^2} - E_0}{e}. \quad (4)$$

För de Broglie-våglängden λ gäller

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$p = \frac{h}{\lambda}. \quad (5)$$

För viloeenergin E_0 gäller

$$E_0 = mc^2. \quad (6)$$

Om sambanden (5) och (6) sätts in i (4) får vi

$$U = \frac{\sqrt{(mc^2)^2 + \left(\frac{hc}{\lambda}\right)^2} - mc^2}{e}.$$

Med insatta värden blir accelerationsspänningen

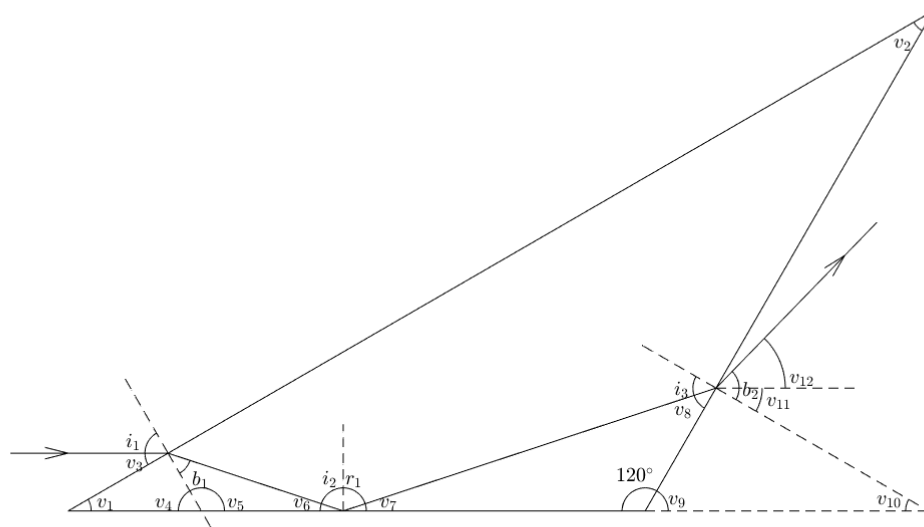
$$U = \frac{\sqrt{(9,1094 \cdot 10^{-31} \cdot 299792458^2)^2 + \left(\frac{6,6261 \cdot 10^{-34} \cdot 299792458}{2,1 \cdot 10^{-12}}\right)^2} - 9,1094 \cdot 10^{-31} \cdot 299792458^2}{1,60218 \cdot 10^{-19}} \text{ V}$$

$$= 2,698 \dots \cdot 10^5 \text{ V}.$$

SVAR: Accelerationsspänningen ska vara 0,27 MV.

$$11. \quad n_{\text{vakuum}} = 1. \quad n_{\text{prisma}} = 1,30.$$

Strålens väg genom prismet beskrivs av följande figur:



Eftersom triangeln är likbent gäller

$$v_1 = v_2.$$

Vinkelsumman i en triangel är 180° :

$$v_1 + v_2 + 120^\circ = 180^\circ$$

$$v_1 + v_1 + 120^\circ = 180^\circ$$

$$v_2 = v_1 = 30^\circ.$$

Alternativvinklar är lika stora:

$$v_3 = v_1 = 30^\circ.$$

$$i_1 \text{ och } v_3 \text{ är komplementvinklar så } i_1 = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ.$$

Brytningslagen medför

$$n_{\text{vakuum}} \sin i_1 = n_{\text{prisma}} \cdot \sin b_1$$

$$1 \cdot \sin 60^\circ = 1,30 \cdot \sin b_1$$

$$b_1 = 41,772\dots^\circ.$$

v_1 och v_4 är komplementvinklar så

$$v_4 = 90^\circ - v_1 = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ.$$

$$v_5 \text{ och } v_4 \text{ är supplementvinklar så } v_5 = 180^\circ - v_4 = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ.$$

Vinkelsumman i en triangel är 180° :

$$b_1 + v_5 + v_6 = 180^\circ$$

$$41,772\dots^\circ + 120^\circ + v_6 = 180^\circ$$

$$v_6 = 18,22759\dots^\circ.$$

i_2 och v_6 är komplementvinklar så

$$i_2 = 90^\circ - v_6 = 90^\circ - 18,22759\dots^\circ = 71,772\dots^\circ.$$

$$n_{\text{prisma}} \sin(i_2) / n_{\text{vakuum}} = 1,30 \sin(71,772 \dots^\circ) / 1 = 1,23 \dots > 1$$

så det blir totalreflektion vid nedre triangelsidan.

Reflektionslagen medför att $r_1 = i_2$, vilket i sin tur medför att

$$v_7 = v_6 = 18,22759 \dots^\circ.$$

Vinkelsumman i en triangel är 180° :

$$v_7 + 120^\circ + v_8 = 180^\circ$$

$$18,22759 \dots^\circ + 120^\circ + v_8 = 180^\circ$$

$$v_8 = 41,772 \dots^\circ.$$

i_3 och v_8 är komplementvinklar så

$$i_3 = 90^\circ - v_8 = 90^\circ - 41,772 \dots^\circ = 48,22759 \dots^\circ.$$

Brytningslagen medför

$$n_{\text{prisma}} \sin i_3 = n_{\text{vakuum}} \cdot \sin b_2$$

$$1,30 \sin(48,22759 \dots^\circ) = 1 \cdot \sin b_2$$

$$b_2 = 75,82 \dots^\circ.$$

$$v_9 + 120^\circ = 180^\circ$$

$$v_9 = 60^\circ.$$

v_9 och v_{10} är komplementvinklar så

$$v_{10} = 90^\circ - v_9 = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ.$$

Alternativvinklar är lika stora:

$$v_{11} = v_{10} = 30^\circ.$$

Det gäller att vinkeln mellan ingående och utgående stråle är

$$v_{12} = b_2 - v_{11} = 75,82 \dots^\circ - 30^\circ = 45,82 \dots^\circ.$$

SVAR: Vinkeln mellan den utgående och den ingående strålen är $45,8^\circ$.

12.

a) Låt kvadratens sida vara $L=10,0$ m, höjden $h=15,0$ m, ljudfarten $v=341$ m/s, våglängden λ och frekvensen f . Låt Q vara punkten $15,0$ m meter ovanför M. Avståndet från A till M och avståndet

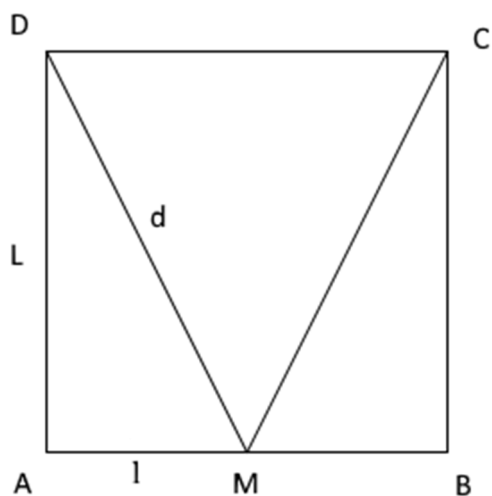
$$\text{från B till M är } l = \frac{L}{2} = \frac{10,0}{2} \text{ m} = 5,0 \text{ m}.$$

Avståndet från C till M och avståndet från D till M är enligt Pythagoras sats

$$d = \sqrt{L^2 + l^2} = \sqrt{10,0^2 + 5,0^2} \text{ m} = \sqrt{125} \text{ m}.$$

Se figur A.

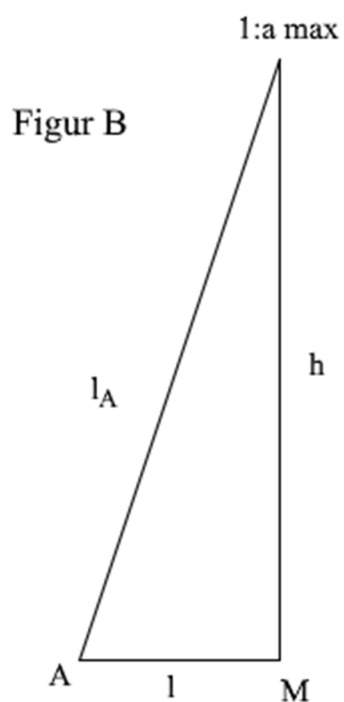
Figur A



Avståndet från A till Q och avståndet från B till Q är enligt Pythagoras sats

$$l_A = \sqrt{l^2 + h^2} = \sqrt{5,0^2 + 15,0^2} \text{ m} = \sqrt{250} \text{ m}.$$

Se figur B.

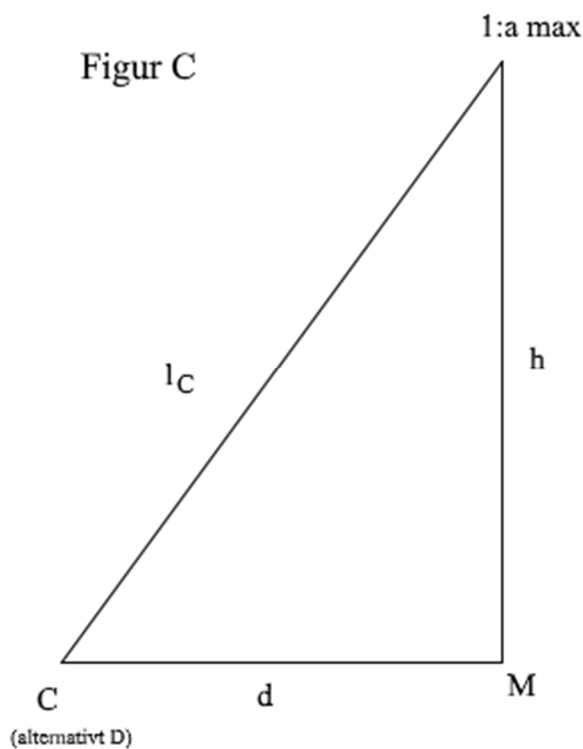


(alternativt B)

Avståndet från C till Q och avståndet från D till Q är enligt Pythagoras sats

$$l_C = \sqrt{d^2 + h^2} = \sqrt{(\sqrt{125})^2 + 15,0^2} \text{ m} = \sqrt{350} \text{ m}.$$

Se figur C.



Eftersom första maximumet ligger vid Q gäller för våglängden λ att

$$\lambda = l_C - l_A = (\sqrt{350} - \sqrt{250}) \text{ m} = 2,8968986... \text{ m}.$$

Därför är frekvensen

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{341}{2,8968986...} \text{ Hz} \approx 118 \text{ Hz}.$$

a)SVAR: Frekvensen är 118 Hz.

b) $S_{BP} = L - S_{AP}$

Differensen mellan sträckorna S_{AP} och S_{BP} är 2λ eftersom P är vid andra ordningens maximum.

$$2\lambda = S_{BP} - S_{AP}$$

$$2\lambda = L - S_{AP} - S_{AP}$$

$$S_{AP} = \frac{L}{2} - \lambda$$

$$S_{AP} = (5,0 - 2,8968986...) \text{ m} = 2,103101... \text{ m}$$

b)SVAR: $S_{AP} = 2,10 \text{ m}$.

Om uppgift a) inte lösts får vi

$$S_{AP} = \frac{L}{2} - \lambda = 1 - \frac{v}{f} = (5,0 - \frac{341}{111}) \text{ m} = 1,9279... \text{ m}.$$

b)SVAR: $S_{AP} = 1,93 \text{ m}$.

Förslag till rättningsmall:

Generella riktlinjer för tentamensrättning

Omvandlingsfel t.ex. km/h till m/s; ton till kg	-1p
Avrundningsfel, t.ex. $1,37 \approx 1,3$, $1,41 \approx 1,40$	-1p/uppgift
Räknefel	-1p
Fysikaliska fel	-2p minst
Enhetsfel, t.ex. $F = 3,0 \text{ J}$	-1p
För få värdesiffror i delberäkning	-1p/uppgift
Omvandlingsfel i svaret vid frivilligt enhetsbyte	inget avdrag om rätt svar finns tidigare
Felaktigt antal värdesiffror i svaret (+/- 1 OK)	-1p/tentamen första gången
Odefinierade beteckningar (ej självklara)	-1p
Ofullständiga lösningar/lösningar svåra att följa	-1p minst

1. -
2. -
3. Per felaktigt tabellvärde -1p
Beräknar kärnmassa istället för atommassa -0p
4. Per trigonometriskt fel -1 p
- 5a. Glömmer termen +energi..... -0 p
Neutrino saknas, är av fel eller oklar typ eller ersatt med antineutrino..... -0 p
- 5b. -
- 6a. -
- 6b. Motivering till varför det är längdkontraktion av b saknas -0 p
7. Korrekt uppställt ekvationssystem för beräkning av Plancks konstant +1 p
8. Antar ett värde på fjäderkonstanten -1 p
Figur eller motivering för beräkningslägen saknas -1 p
Fel i energiprincipen -2 p
- 9a. Avläsningsfel av den spektrala emittansen med belopp högst $0,25 \cdot 10^{13} \text{ W/m}^3$ -0 p
Blandar ihop m och nm -1 p
Glömmer faktorn 10^{13} -1 p
- 9b. Avläsningsfel av λ_{max} med belopp högst 50 nm -0 p
10. Räknar inte relativistiskt -2 p
Per felaktigt tabellvärde -1 p
11. Per fel som leder till att det inte blir någon totalreflektion..... -2 p
Den utgående strålens riktning b_2 är korrekt beräknad +2 p
- 12a. För minst en felaktig beräkning av l_A eller l_c som är oberoende av h -2 p
Per felaktig beräkning av l_A eller l_c om de båda är beroende av h -1 p
- 12b.-