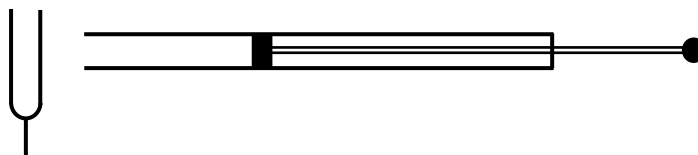


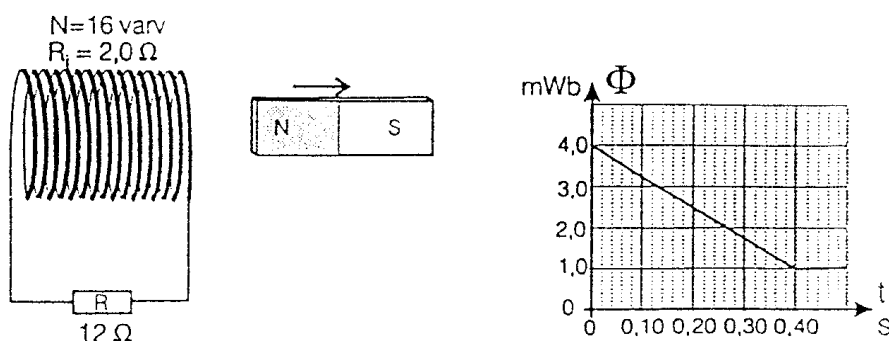
**Tentamen 2:2 i fysik för tekniskt basår/termin 2013-06-03**  
**Kursnummer: IF0402**

1. Stämgaflöln ger en ton med frekvensen 467 Hz. Resonans uppstår i röret för två närliggande resonanslägen på kolven: 16,8 cm från öppningen och 53,3 cm från öppningen. Rörets längd är 1,5 m.

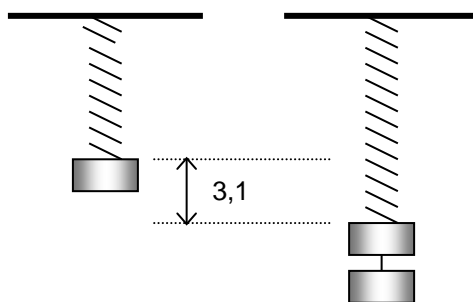


- a) Beräkna ljudets hastighet. (1p)  
b) Beräkna övriga lägen hos kolven då resonansfrekvens uppstår. (1p)
2. En högtalare kopplas till en tongenerator som är inställd på frekvensen 10,0 Hz. Högtalarmembranet utför en sinusformad svängning med amplituden 2,0 cm.  
a) Bestäm membranets maximala hastighet. (1p)  
b) Bestäm storleken på membranets maximala acceleration. (1p)
3. Strömmen genom en elektrisk brödrost med resistansen  $65\ \Omega$  varierar enligt funktionen  $i(t) = 5,0 \cdot \sin(100\ \omega t)$ . Hur mycket energi används under 15 minuters rostande? (2p)
4. En kula med arean  $32\ \text{cm}^2$  har samma strålningsegenskaper som en svart kropp. Bestäm den våglängd som har maximal intensitet om den utstrålade effekten från kulan är på 40 W. (2p)
5. Koldioxid tas upp av levande växter i atmosfären. En viss del av detta kol utgörs av den radioaktiva isotopen  $^{14}\text{C}$ . Halveringstiden för  $^{14}\text{C}$  är 5730 år. När växterna dör, upptas inte längre koldioxid. Levande trä har en aktivitet av 15,3 sönderfall per minut och gram. För att bestämma åldern av ett stycke trä, mätte man aktiviteten. Träbitens massa var 5,0 g och aktiviteten var 17,0 sönderfall/minut. Beräkna träbitens ålder. (2p)

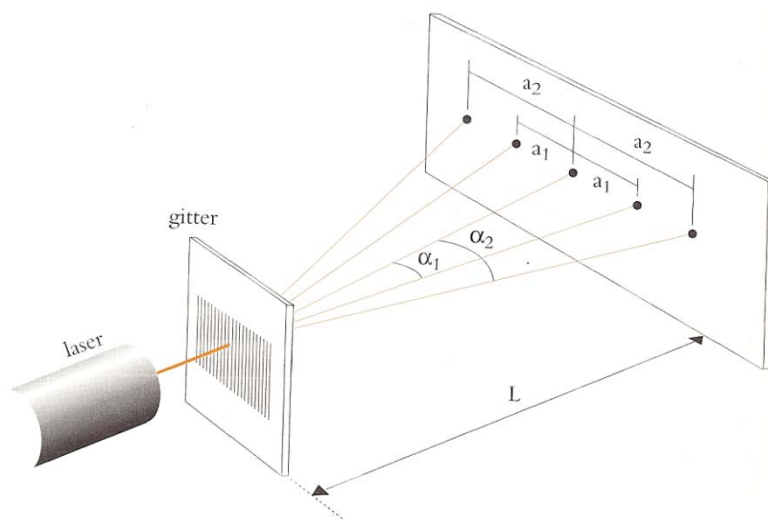
6. En spole, lindad med 16 varv har inre resistansen  $2,0 \, \Omega$ . En resistor  $R$  med resistansen  $12 \, \Omega$  kopplas till spolen. Då en stavmagnet förs bort ifrån spolen, (enligt figur nedan) så ändras det magnetiska flödet genom spolen som i diagrammet. Bestäm strömmens storlek genom resistorn  $R$  då  $t = 0,20 \, \text{s}$ . (2p)



7. En vikt är upphängd i en lätt spiralfjäder. När ytterligare en vikt med lika stor massa som den ursprungliga hängs upp i fjädern förlängs fjädern  $3,1 \, \text{cm}$ . De två vikterna sätts i vertikal svängning. Vilken frekvens får denna svängning? (2p)



8. Ett gitter med 550 spalter per mm placeras framför en laser. Gittret befinner sig  $1,000 \, \text{m}$  från en vägg. Gittret belyses med laserljus som infaller vinkelrätt mot gittret. Avstånden mellan centralmaximum och första ordningens spektrum uppmäts till  $a_{1,\text{vänster}} = 0,371 \, \text{m}$  och  $a_{1,\text{höger}} = 0,370 \, \text{m}$ . Bestäm laserljusets våglängd. (2p)



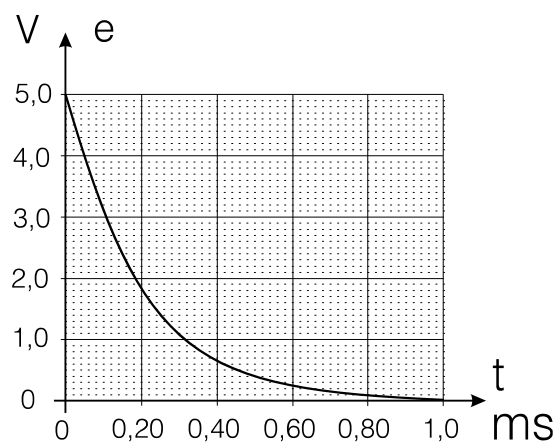
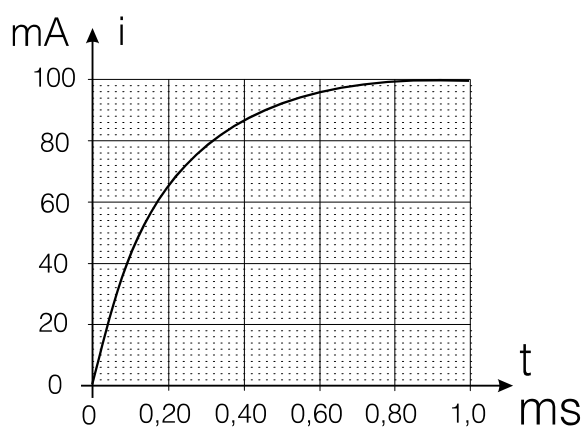
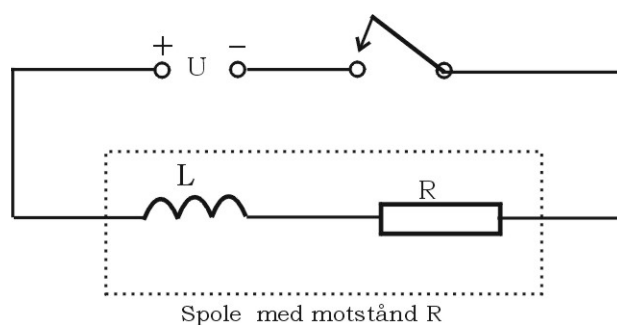
9. Vilken accelerationsspänning krävs för att accelerera protoner så att de får en hastighet som är 80 % av ljushastighet? (2p)

10. Kobolt-60,  $^{60}\text{Co}$ , är en  $\beta^-$ -strålande isotop med halveringstiden 5,27 år.

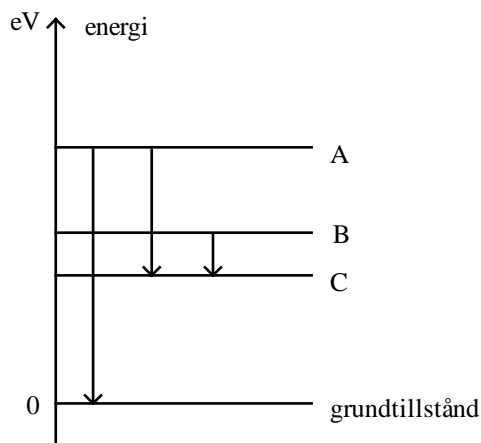
a) Skriv formeln för  $\beta^-$ -sönderfallet. (1p)

b) Beräkna maximala energin för  $\beta^-$ -partikeln vid ett sönderfall. (1p)

11. En spole (med resistansen  $R$ ) inkopplas vid tiden  $t = 0$  till en spänningskälla med konstant polspänning. Därvid varierar strömmen  $i$  och den inducerade emk:n (ems)  $e$  enligt de båda diagrammen nedan. Bestäm spolens resistans och induktans. (3p)



12. I figuren återges ett förenklat energinivådiagram för en atom. Då atomen övergår från nivå A till grundtillståndet utsänds elektromagnetisk strålning av våglängden 240 nm. Då atomen övergår från nivå B till C utsänds strålning av våglängden 1240 nm. Vid övergången från A till C utsänds strålning med våglängden 410 nm. Figuren är inte skalenlig.



- Vilken våglängd skall den strålning ha, som exciterar atomen från grundtillståndet till nivå C? (1p)
- Vilken energi (i enheten eV) har nivån B om grundtillståndet svarar mot 0 eV? (1p)
- Beräkna våglängden för det ljus som utsänds om atomen övergår från nivå B till grundtillstånd. (1p)

## Förslag till lösningar:

1.a) Våglängden:



$$\frac{\lambda}{2} = 0,533 - 0,168 \quad \text{ger} \quad = 0,73 \text{ m}$$

$$\text{Ljudets hastighet: } v = f\lambda = 467 \text{ Hz} \cdot 0,73 \text{ m} = 340,91 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b) Differensen  $(53,3 - 16,8) \text{ cm} = 36,5 \text{ cm}$  är avståndet mellan noderna. Nästa förstärkning kommer på avståndet  $(53,3 + 36,5) \text{ cm} = 89,8 \text{ cm}$  och därefter  $(89,8 + 36,5) \text{ cm} = 126,3 \text{ cm}$ . Därefter följer inga fler förstärkningar.

Svar: a)  $341 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  b)  $89,8 \text{ cm}$  och  $126,3 \text{ cm}$  från rörets öppning.

2. Enkel harmonisk svängning:  $y(t) = A \sin(\omega t)$

$$\text{Hastighet: } v(t) = \frac{dy}{dt} = \omega A \cos(\omega t)$$

$$\text{Acceleration: } a(t) = \frac{d^2y}{dt^2} = -\omega^2 A \sin(\omega t)$$

Hastigheten blir maximal då cosinusfunktionen är ett och accelerationen blir maximal då sinusfunktionen är minus ett.

$$\omega = 2\pi f \quad \text{ger:}$$

$$v_{\max} = \omega A = 2\pi \cdot 10 \cdot 2,0 \cdot 10^{-2} = 1,26 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a_{\max} = \omega^2 A = (2\pi \cdot 10)^2 \cdot 2,0 \cdot 10^{-2} = 79,0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{Svar: } v_{\max} = 1,3 \frac{\text{m}}{\text{s}} ; a_{\max} = 79,0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

3. Effektivvärdet för strömmen  $I = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}} = \frac{5,0}{\sqrt{2}} \text{ A} = 3,54 \text{ A}$

$$E = P \cdot t = R \cdot \hat{i}^2 \cdot t = R \cdot \left( \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}} \right)^2 \cdot t = 65 \left( \frac{5,0}{\sqrt{2}} \right)^2 \cdot 15 \cdot 60 \text{ J} = 0,73 \text{ MJ}$$

Svar:  $0,73 \text{ MJ}$

4 Stefan-Boltzmann's lag för en svart kropp:

$$P = A \cdot \sigma \cdot T^4 \Rightarrow T = \left( \frac{40}{5,6705 \cdot 10^{-8} \cdot 32 \cdot 10^{-4}} \right)^{1/4} = 685,21 \text{ K}$$

$$\text{Wien's förskjutningslag: } \lambda_m \cdot T = 2,8978 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \lambda_m = \frac{2,8978 \cdot 10^{-3}}{685,22} \text{ m} \approx \underline{4,2 \mu\text{m}}$$

Svar:  $4,2 \mu\text{m}$

- 5 Träbitens ursprungliga aktivitet kan antas vara  $5,0 \cdot 15,3$  sönderfall/min = Träbitens ursprungliga aktivitet kan antas vara  $5,0 \cdot 15,3$  sönderfall/min = 76,5 sönderfall/min.

Aktiviteten avtar enligt sönderfallslagen  $A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ .

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}, \text{ där } T \text{ är halveringstiden.}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{5730} \text{ år}^{-1} = 1,210 \cdot 10^{-4} \text{ år}^{-1}$$

$$17,0 = 76,5 \cdot e^{-1,210 \cdot 10^{-4} \cdot t}$$

Förenkling och logaritmering ger

$$\ln \frac{17,0}{76,5} = -1,210 \cdot 10^{-4} \cdot t \Rightarrow t = \frac{\ln \frac{17,0}{76,5}}{-1,210 \cdot 10^{-4}} \text{ år}$$

$$t = 12430 \text{ år}$$

$$\text{Svar: } 12 \cdot 10^3 \text{ år}$$

- 6 Enligt induktionslagen induceras EMS i spolen om den befinner sig i magnetflödet som ändras med tiden. Avläsning av diagrammet ger förändring av magnetiskflöde från 1,0 till 4,0 mWb under 0,4 sekunder:

$$e = N \frac{d\Phi}{dt} = 16 \cdot \frac{(3,0 \cdot 10^{-3})}{0,4} = 0,12 \text{ V}$$

Med hjälp av Ohms lag räknar vi strömmen:

$$I = \frac{U}{R_{tot}} = \frac{0,12}{12 + 2} \approx 0,0086 \text{ A} \approx 8,6 \text{ mA}$$

$$\text{Svar: } 8,6 \text{ mA}$$

7. Antag att varje vikt har massan  $m_0$  och att fjädern har fjäderkonstanten  $k_0$ .

När den andra vikten hängs på blir förlängningen  $s = 3,1$  cm. Då måste även den första vikten ha gett fjädern en förlängning på 3,1 cm.

Med två vikter blir fjäderkraften  $F = 2 \cdot m_0 g$  och den totala förlängningen  $2 \cdot s = 0,062$  m.

$$F = k \cdot x \text{ ger att fjäderkonstanten } k_0 = \frac{F}{x} = \frac{2 \cdot m_0 g}{2 \cdot s} = \frac{m_0 g}{s}.$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \text{ ger att } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}, \text{ vilket med våra beteckningar ger}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_0}{2m_0}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_0 g}{s \cdot 2m_0}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{2 \cdot s}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{9,82}{0,062}} = 2,0 \text{ Hz}$$

$$\text{Svar: } 2,0 \text{ Hz}$$

8 Gitterekvationen;  $d \cdot \sin \alpha = n \cdot \lambda \Rightarrow \lambda = \frac{d \cdot \sin \alpha}{n}$

Gitterkonstanen  $d = \frac{1,0 \cdot 10^{-3}}{550} = 1,818 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

Genomsnittligt avstånd mellan ljusa punkter:  $a_1 = \frac{0,371 + 0,370}{2} = 0,3705 \text{ m}$

Ur figuren:  $\tan \alpha_1 = \frac{a_1}{L} = \frac{0,3705}{1,000} \Rightarrow \alpha_1 = 20,33^\circ$

Första ordningen  $n = 1$

Våglängden:  $\lambda = \frac{1,818 \cdot 10^{-6} \cdot \sin 20,33^\circ}{1} = 631,7 \cdot 10^{-9} \text{ m} \approx \underline{632 \text{ nm}}$

Svar: 632 nm

9 I acceleratoren får protonen den kinetiska energin  $E_k = eU$  där  $U$  är den sökta accelerationsspänningen.

Då protonens hastighet ska bli 80% av ljushastigheten måste relativistiska beräkningar göras.

Protonens kinetiska energi kan skrivas  $E_k = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - mc^2$  där  $v = 0,8c$ .

$$E_k = mc^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0,8c)^2}{c^2}}} - 1 \right) = mc^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - 0,64}} - 1 \right) = mc^2 \left( \frac{1}{0,6} - 1 \right) = mc^2 \left( \frac{1}{0,6} - \frac{0,6}{0,6} \right) =$$

$$= mc^2 \left( \frac{0,4}{0,6} \right) = \frac{2mc^2}{3}$$

$E_k = eU$  ger  $U = \frac{E_k}{e} = \frac{2mc^2}{3e} = \frac{2 \cdot 1,6726 \cdot 10^{-27} \cdot (2,997925 \cdot 10^8)^2}{3 \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19}} \approx 6,255 \cdot 10^8 \text{ V}$

Svar: 0,63 GV

10 a)  ${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + {}^0_{-1}e + \text{antineutrino} + \text{energi}$

b) Sönderfallsenergin  $E_{\max}$  räknar vi ut med hjälp av förändring av massa under sönderfallet.

$\Delta m = m_{\text{före}} - m_{\text{efter}} = (m({}^{60}_{27}\text{Co}) - 27m_e) - (m_e + m({}^{60}_{28}\text{Ni}) - 28m_e) =$

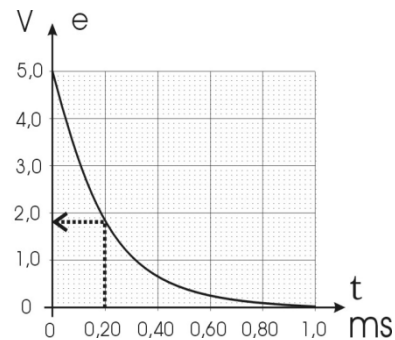
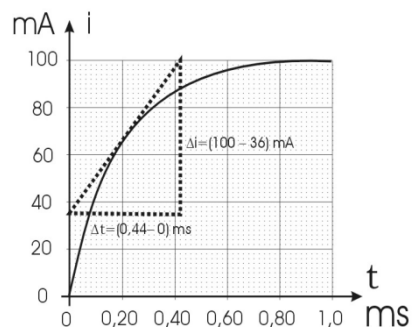
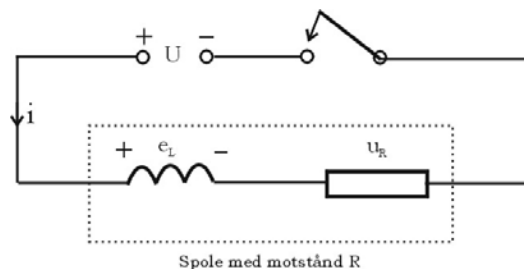
$\Delta m = (m({}^{60}_{27}\text{Co})) - (m({}^{60}_{28}\text{Ni})) = (59,9338 - 59,9308) \cdot u = 0,003 \cdot u$

En massenhet  $u$  motsvarar 931,494 MeV:

$E_{\max} = (\Delta m \cdot 931,5) \text{ MeV} = (0,0030 \cdot 931,5) \text{ MeV} = 2,79 \text{ MeV}$

Svar:  $\beta^-$ -partikelns maximala energi är 2,8 MeV

11.)



Potentialvandring:  $+U - e_L - Ri = 0$  (ekv.1.)

Vid  $t = 0$  så är  $i = 0$  (spolen reagerar mest då) och (ekv.1.) ger då att  $U = e_L$  dvs  $5,0 \text{ V}$

Efter lång tid så har vi en konstant ström ( $100 \text{ mA}$ ) och därmed ingen inducerad spänning över spolen (dvs  $e_L = 0$ ). Alltså enligt (ekv.1)

$$U = RI \rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{5,0 \text{ V}}{0,1 \text{ A}} = 50 \Omega$$

Vid  $t = 0,20 \text{ ms}$  är emk:n över spolen  $1,6 \text{ V}$  och

$$\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{(100 - 36) \cdot 10^{-3}}{(0,44 - 0) \cdot 10^{-3}} \approx 145,5 \frac{\text{A}}{\text{s}}$$

$$e = (-)L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t} \rightarrow L = \frac{1,6}{145,5} \approx 11 \text{ mH}$$

Svar: Spolens resistans är  $50 \Omega$  och induktans  $11 \text{ mH}$



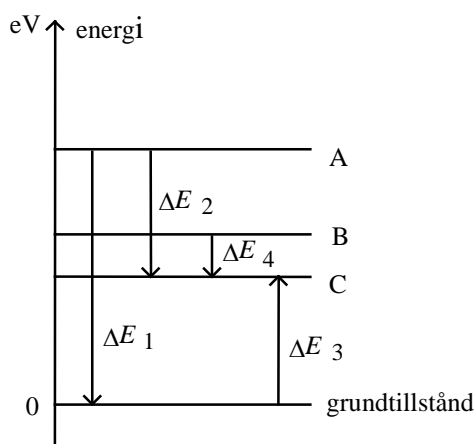
12a) Vi inför följande beteckningar:

$\Delta E_1$  = energidifferensen mellan nivå A och grundtillståndet.

$\Delta E_2$  = energidifferensen mellan nivå A och nivå C.

$\Delta E_3$  = energidifferensen mellan nivå C och grundtillståndet.

$\Delta E_4$  = energidifferensen mellan nivå B och nivå C.



Då gäller (se figur):  $\Delta E_1 = \Delta E_2 + \Delta E_3$

Således:  $\Delta E_3 = \Delta E_1 - \Delta E_2$

Energidifferensen mellan två nivåer är lika med energin hos den foton som emitteras eller absorberas vid övergångar mellan nivåerna.

Fotonens energi är  $hc = \frac{hc}{\lambda}$ .

Vi får således ekvationen:

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{240 \cdot 10^{-9}} - \frac{hc}{410 \cdot 10^{-9}},$$

där  $\lambda$  är den sökta våglängden:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{240 \cdot 10^{-9}} - \frac{1}{410 \cdot 10^{-9}}$$

$$\lambda = 578,8 \text{ nm}$$

b) Grundtillståndet har energin 0 eV. Energin  $E_B$  i nivå B kan erhållas genom

$$E_B = 0 + \Delta E_3 + \Delta E_4 \text{ (se figur ovan).}$$

$$E_B = \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_3} - \frac{hc}{\lambda_4} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{578,82 \cdot 10^{-9}} + \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{1240 \cdot 10^{-9}}$$

$$E_B = 5,03 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \frac{5,03 \cdot 10^{-19}}{1,602 \cdot 10^{-19}} \text{ eV} = 3,14 \text{ eV}$$

c) Våglängden:

$$\lambda = \frac{hc}{E_B} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{3,14 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}} = 3,946 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Svar: a) 579 nm b) 3,2 eV c)  $\lambda = 395 \text{ nm}$