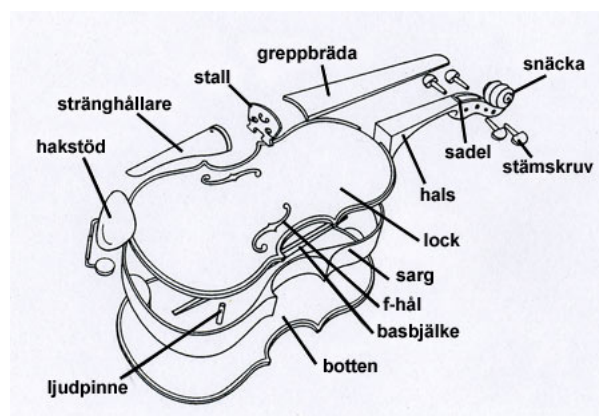


Tentamen 2:1 i fysik för tekniskt basår/termin 2013-05-23

Kursnummer: IF0402

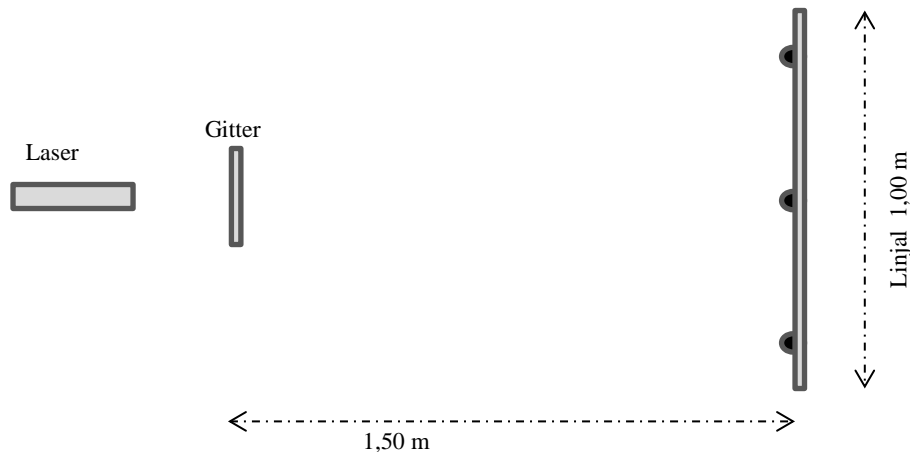
1. En 75 W glödlampa kopplas till ett vägguttag med $U = 230 \text{ V}$.
Hur stort blir toppvärdet för strömmen genom glödlampan? (1p)
2. När man studerar spektrumet från en glödande komet finner man att strålningens maximala intensitet finns vid våglängden 990 nm. Kometen kan betraktas som en absolut svart kropp.
a) Beräkna kometens yttemperatur. (1p)
b) Beräkna kometens emittans. (1p)
3. En vattenyta är gräns mellan vatten och luft. Bestäm gränsvinkeln för totalreflexion när ljud passerar genom vattenytan. Ljudhastigheten i luft är 340 m/s och i vatten 1490 m/s. En korrekt figur krävs. (2p)
4. Efter kärnkraftsolyckan i Fukushima 2011 spreds bland annat den radioaktiva isotopen jod-131. Ange reaktionsformeln och bestäm sönderfallsenergin för detta β^- -sönderfall. (2p)
5. Hur stor våglängd har den foton som emitteras då väteatomen övergår från energitillståndet med $n = 3$ till närmast lägre energitillstånd? (2p)
6. En av fiolens strängar är stämd som 'g', d.v.s grundtonen har frekvensen $f_g = 392 \text{ Hz}$. Strängen är 35 cm lång. Andra toner kan spelas på denna sträng genom att placera fingret vid ett lämpligt avstånd från fiolens stall.
Beräkna hur långt detta avstånd ska vara för att en av tabellens andra grundtoner ska höras. (2p)

Ton	Frekvens (Hz)
e	330
g	392
a	440



7. En α -partikel har rörelseenergin 0,74 keV.
Beräkna partiklens materievåglängd. (2p)

8. En elektron accelereras från vila av en spänning U och får då hastigheten $0,15 \text{ Gm/s}$. Hur stor var spänningen U ? (2p)
9. När monokromatiskt ljus med våglängden $0,450 \text{ }\mu\text{m}$ belyser en natriumyta så utsänds elektroner med en maximal kinetisk energi av $0,520 \text{ eV}$. När ljusets våglängd ändras till $0,300 \text{ }\mu\text{m}$ så är motsvarande kinetiska energi $1,90 \text{ eV}$. Bestäm utifrån dessa mätningar ett värde på Plancks konstant, h . (2p)
10. En vikt hängs i en fjäder med fjäderkonstanten 15 N/m . Vikten sätts i en vertikal svängning med frekvensen $1,2 \text{ Hz}$ och amplituden $7,3 \text{ cm}$.
- a) Bestäm kraften från fjädern på vikten, till storlek och riktning, när vikten befinner sig $3,2 \text{ cm}$ under översta läget och är på väg uppåt. (Kraftfigur krävs.) (2p)
- b) Bestäm viktens acceleration, med riktning, i samma läge. (1p)
11. Framför en ljuskälla, som avger monokromatiskt ljus med våglängden 633 nm , placeras ett gitter vinkelrätt mot strålriktningen. En $1,00 \text{ m}$ lång linjal placeras parallellt med gittret på avståndet $1,50 \text{ m}$ från detta. På linjalen ser man tre röda ljusfläckar. De finns vid skalstrecken $8,0 \text{ cm}$, $50,0 \text{ cm}$ respektive $92,0 \text{ cm}$. Undersök om ytterligare röda fläckar borde ha upptäckts om linjalen varit längre och bestäm i så fall det totala antalet röda ljusfläckar som syns. (3p)



12. Lena mäter strömmen i tre kretsar när strömbrytaren S sluts (tidpunkt A) och bryts igen (B). Amperemetern är kopplad till en dator som registrerar strömmen som funktion av tiden. Spänningskällan har konstant polspänning. Kondensatorn är oladdad när S sluts. Amperemeterns resistans kan försummas.

Lena gör några anteckningar för hand i diagrammen till höger. Dessa figurer är inte skalenliga. Tyvärr får hon bara med sig en del av datorns registreringar, nämligen den högra delen av det nedersta diagrammet där skalan på y-axeln har försvunnit. Använd de data som finns och bestäm den resistansfria spolens induktans. (3p)

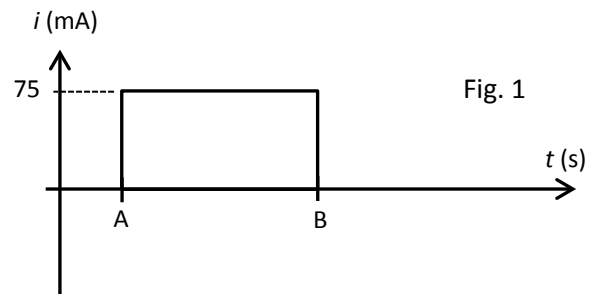
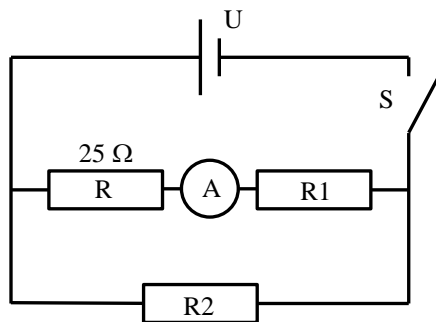


Fig. 1

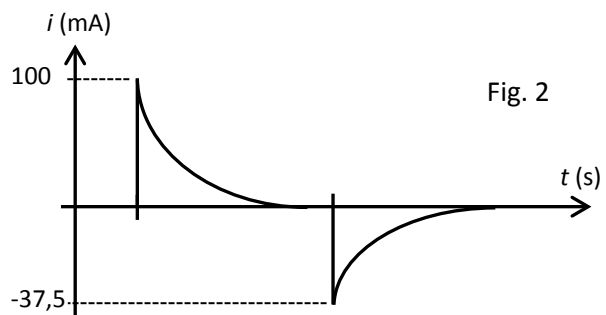
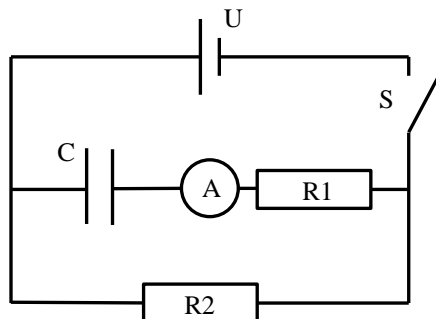


Fig. 2

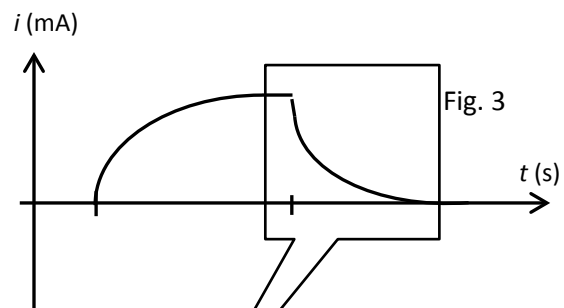
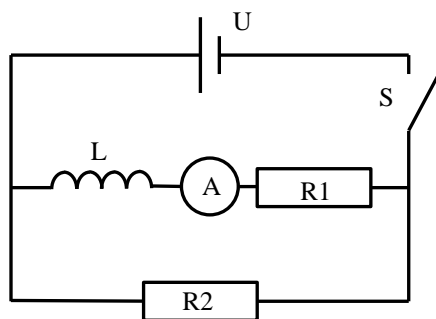


Fig. 3

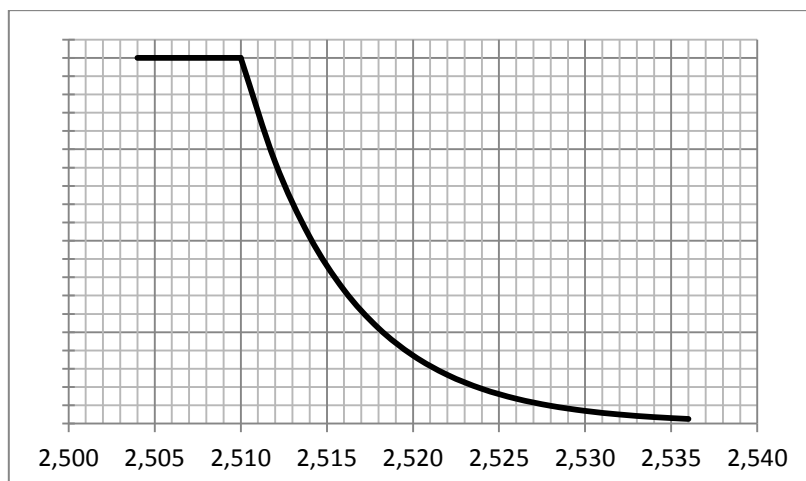


Fig. 3b
Ström som funktion av tid.
Tiden anges i sekunder.

LÖSNINGSFÖRSLAG

1. $P = U \cdot I \quad I = \frac{P}{U} = \frac{75}{230} \text{ A}$

$$\hat{i} = I\sqrt{2} = \frac{75 \cdot \sqrt{2}}{230} = 0,4612 \text{ A}$$

Svar: 0,46 A

2a. Wien's förskjutningslag:

$$\lambda_m \cdot T = 2,8978 \cdot 10^{-3}$$

Givet: $\lambda_m = 990 \text{ nm}$

$$T = \frac{2,8978 \cdot 10^{-3}}{\lambda_m} = \frac{2,8978 \cdot 10^{-3}}{990 \cdot 10^{-9}} = 2927,07 \text{ K} \approx \underline{2930 \text{ K}}$$

Svar: 2930 K

2b. Stefan-Boltzmann's lag för en svart kropp

Emittans: $M = \sigma \cdot T^4$

Konstant: $\sigma = 5,6705 \cdot 10^{-8} \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K}^4)$

Från a): $T = 2927,07 \text{ K}$

$$M = \sigma \cdot T^4 = 5,6705 \cdot 10^{-8} \cdot 2927,07^4 = 4162499,6 \text{ W / m}^2$$

Svar: 4,16 MW/m²

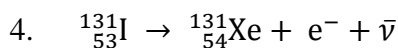
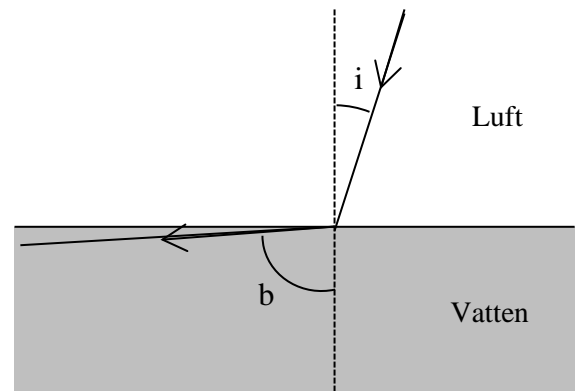
3. För brytning gäller $\frac{\sin i}{\sin b} = \frac{v_i}{v_b}$ och

vid totalreflexion är vinkeln $b = 90^\circ$ d.v.s. $\sin b = 1$.

Gränsvinkeln blir då

$$i = \sin^{-1} \left(\frac{v_i \sin b}{v_b} \right) = \sin^{-1} \left(\frac{340 \cdot 1}{1490} \right) = 13,19^\circ$$

Svar: Gränsvinkeln är 13°



Massminskningen = kärnmassan för jod – kärnmassan för xenon – massan av den utslungade elektronen. Neutrinons massa försummas.

Om nuklidmassorna tecknas I respektive Xe, erhålles:

$$\text{massminskningen} = (I - 53m_e) - (Xe - 54m_e) - m_e = I - Xe =$$

$$130,9061 \text{ u} - 130,9051 \text{ u} = 0,0010 \text{ u, vilket motsvarar } 0,0010 \cdot 931,494 \text{ MeV}$$

Sönderfallsenergin är 0,93 MeV.

Svar: 0,93 MeV

5. Väteatomens energitillstånd ges av formeln $E_n = -\frac{E_j}{n^2}$ där $E_j = 13,6$ eV.

Den foton som emitteras när atomen går från tillståndet $n = 3$ till tillståndet $n = 2$ får energin $E = hf = \frac{hc}{\lambda} = 13,6 \left(-\frac{1}{n^3} + \frac{1}{n^2} \right) = 13,6 \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = 1,8889$ eV.

$$\frac{hc}{\lambda} = 1,8889 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad \text{ger } \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6,6261 \cdot 10^{-34} \cdot 2,9979 \cdot 10^8}{1,8889 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}} = 6,5645 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Svar: 656 nm

6. Utbredningshastigheten, $v = f \cdot \lambda$, är densamma för de två tonerna dvs

$$(1) \quad v = \lambda_g f_g = \lambda_a f_a$$

När strängen kortas blir frekvensen högre d.v.s. enbart 'a' är möjlig ton
Längden L av strängen motsvarar en halv våglängd d.v.s:

$$\lambda_g = 2L_g \quad \text{och} \quad \lambda_a = 2L_a \quad \text{vilket sätts in i (1)}$$

$$2L_g f_g = 2L_a f_a \quad \Rightarrow \quad L_a = \frac{L_g f_g}{f_a} = \frac{0,34 \cdot 392}{440} = 0,3029 \text{ m} \quad \text{Svar: Strängen ska vara 31 cm}$$

7. En α -partikel ${}^4_2\text{He}$ har massan $m = 4,002 \text{ u} = 4,002 \cdot 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 6,647 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

$$E_k = 0,74 \text{ keV} = 0,74 \cdot 10^3 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = 1,185 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,185 \cdot 10^{-16}}{6,647 \cdot 10^{-27}}} = 1,889 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

$$\text{De Broglievåglängden är: } \lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{6,647 \cdot 10^{-27} \cdot 1,889 \cdot 10^5} = 5,278 \cdot 10^{-13} \text{ m}$$

Svar: $\lambda = 5,3 \cdot 10^{-13} \text{ m}$

8. Enligt $U = \frac{E}{q}$ får elektronen rörelseenergin $E_k = U \cdot q_e$.

Elektronens massa $m = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ och dess laddning $q_e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}$.

Elektronens fart blir $v = 0,15 \text{ Gm/s} = 0,50 \text{ c}$. Då krävs en relativistisk beräkning.

$$E_k = E - E_0 = \frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - mc^2 = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) =$$

$$= 9,109 \cdot 10^{-31} (2,998 \cdot 10^8)^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-0,50^2}} - 1 \right) = 1,267 \cdot 10^{-14} \text{ J}$$

$$U = \frac{E_k}{q_e} = \frac{1,267 \cdot 10^{-14}}{1,602 \cdot 10^{-19}} \text{ V} = 79051 \text{ V}$$

Svar: $U = 79 \text{ kV}$

9. Sambandet $v = \lambda f$ gäller för fortskridande vågor tex. ljusvågor i luft.

$$f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{2,9979 \cdot 10^8}{0,450 \cdot 10^{-6}} = 6,6620 \cdot 10^{14} \text{ Hz}; \quad f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{2,9979 \cdot 10^8}{0,300 \cdot 10^{-6}} = 9,9930 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Den fotoelektriska effekten ger för de två olika våglängderna/frekvenserna ekvationerna:

$$(1) h \cdot f_1 = E_u + E_{k1} \quad \text{där} \quad E_{k1} = 0,520 \text{ eV} = 0,520 \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19} = 8,3314 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

$$(2) h \cdot f_2 = E_u + E_{k2} \quad \text{där} \quad E_{k2} = 1,90 \text{ eV} = 1,90 \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19} = 3,0442 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Utträdesarbetet E_u är detsamma för båda våglängderna och eliminering av E_u från (2) & (1) ger: ($E_u = 2,24 \text{ eV}$)

$$h \cdot f_2 - h \cdot f_1 = E_{k2} - E_{k1} \Rightarrow$$

$$h = \frac{E_{k2} - E_{k1}}{f_2 - f_1} = \frac{3,0442 \cdot 10^{-19} - 8,3314 \cdot 10^{-20}}{9,9930 \cdot 10^{14} - 6,6620 \cdot 10^{14}} = 6,6378 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\text{Svar: } h = 6,64 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

10. a) $T = \frac{1}{f} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad m = \frac{k}{4\pi^2 f^2} = \frac{15}{4\pi^2 1,2^2} = 0,2639 \text{ kg}$

$$mg = 0,2639 \cdot 9,82 \text{ N} = 2,591 \text{ N.}$$

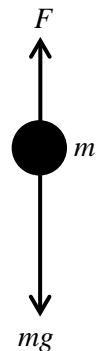
Vikten påverkas av fjäderkraften, F , och tyngdkraften, mg .

I jämviktsläget är $F - mg = 0$ och $F = mg$.

I det angivna läget befinner sig vikten $7,3 - 3,2 \text{ cm} = 4,1 \text{ cm}$ ovanför jämviktsläget och fjäderkraften, som kan uttryckas som $F = k \cdot x$, har då minskat med $k \cdot \Delta x = 15 \cdot 0,041 \text{ N}$.

$$\text{Fjäderkraften är då } F = mg - k\Delta x = 2,591 - 15 \cdot 0,041 \text{ N} = 1,976 \text{ N}$$

Svar: 2,0 N uppåt.



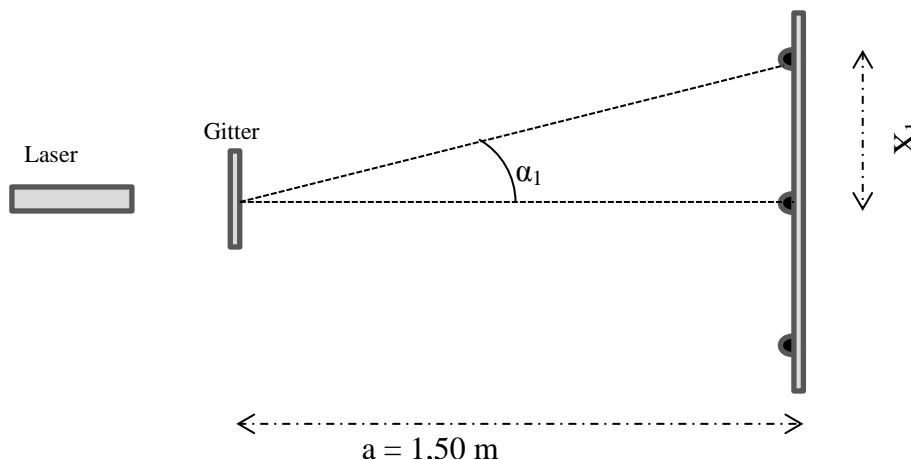
b) I det angivna läget gäller $F - mg = a \cdot m$

$$a = \frac{F - mg}{m} = \frac{1,976 - 2,591}{0,2639} = -2,33 \text{ m/s}^2$$

Svar: 2,3 m/s² nedåt

11. Vinkeln α_1 beräknas m.h.a. trigonometri:

$$x_1 = 0,500 - 0,080 = 0,420 ; \tan \alpha_1 = \frac{x_1}{a} \Rightarrow \alpha_1 = \arctan \left(\frac{0,420}{1,50} \right) = 15,64^\circ$$



Gitterkonstanten d beräknas genom att studera 1:a ordningens maxima d.v.s. $p=1$:

$$d \sin \alpha_p = p \lambda ; \Rightarrow d = \frac{p \lambda}{\sin \alpha_1} = \frac{1 \cdot 633 \cdot 10^{-9}}{\sin 15,64^\circ} = 2,348 \cdot 10^{-6} m$$

Antalet maximum begränsas av att vinkeln α_p som mest kan vara 90° :

$$d \sin \alpha_p = p \lambda ; \alpha_p = 90^\circ \Rightarrow p = \frac{d \sin \alpha_p}{\lambda} = \frac{2,348 \cdot 10^{-6} \sin 90^\circ}{633 \cdot 10^{-9}} = 3,709$$

p är ett heltal och avrundningen måste göras nedåt d.v.s. $p = 3$.

$$\text{Antal ljuspunkter} = 3+1+3 = 7$$

(3 maxima på vardera sidan om centralmaximum)

Svar: 7 röda fläckar

12. Fig. 1 Ohms lag ger $i = \frac{U}{25+R_1} = 75 \text{ mA}$.

Fig. 2 När kondensatorn är oladdad blir $i = \frac{U}{R_1} = 100 \text{ mA}$.

Då är $U = 0,075(25 + R_1) = 0,100 \cdot R_1$ vilket ger $R_1 = \frac{0,075 \cdot 25}{0,100 - 0,075} = 75 \Omega$ och

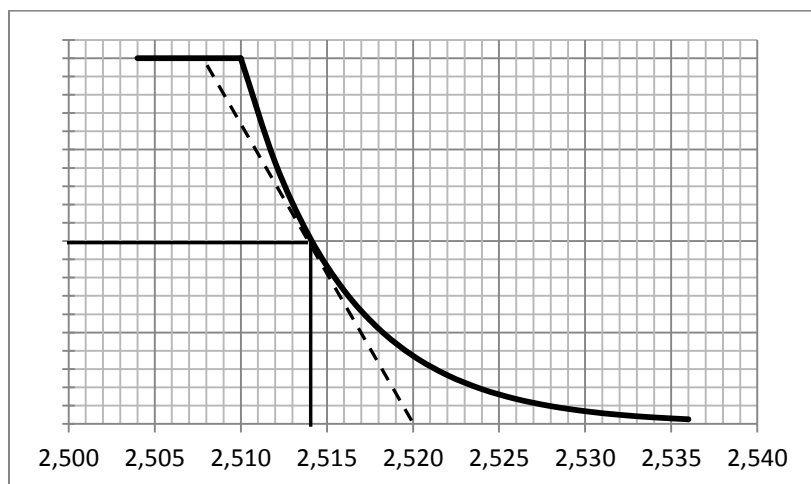
$$U = 75 \cdot 0,100 = 7,5 \text{ V}.$$

Kondensatorn är laddad till 7,5 V när den börjar urladdas genom R_1 och R_2 .

Då är $i = \frac{U}{R_1+R_2} = 0,0375 \text{ A}$, vilket ger $R_2 = \frac{7,5}{0,0375} - 75 \Omega = 125 \Omega$.

När strömökningen har upphört i spolen (fig. 3) är $i = \frac{U}{R_1}$. Vi vet redan (fig. 2) att strömmen då är 100 mA. Strömmens maxvärde i det datorritade diagrammet är således 100 mA.

Vid strömminskningen i spolen induceras en ems som försöker bibehålla strömmen genom spolen. Potentialvandring genom den nedre slutna kretsen ger $e - i(R_1 + R_2) = 0$.



Ur diagrammet kan vi se att vid $t = 2,514$ s är $i = \frac{i_{max}}{2} = \frac{0,100}{2} \text{ A} = 0,050 \text{ A}$.

Där är också $\frac{di}{dt} = \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{0 - 0,100}{2,520 - 2,508} \text{ A/s} = -8,33 \text{ A/s}$. Minustecknet betyder bara att strömmen minskar och kan försummas i den fortsatta beräkningen.

Induktionslagen ger $e = L \frac{\Delta i}{\Delta t}$ vilket ger att $L = \frac{e}{\Delta i / \Delta t} = \frac{i(R_1 + R_2)}{\Delta i / \Delta t} = \frac{0,050(75 + 125)}{8,33} \text{ H}$.

Svar: $L = 1,2 \text{ H}$.