

Tentamen i ELEKTRISK MÄTTEKNIK OCH VÅGFYSIK, FFY615, för Kf2

Examinator: Bertil Dynefors. Ankn 3233

Hjälpmedel: Matematiska tabeller och fysikaliska tabeller inkl Physics Handbook, valfri kalkylator, handskriven A4-sida med formler (båda sidor av A4-arket får innehålla text.). Inga övriga hjälpmedel.

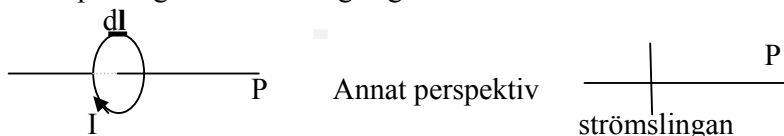
För godkänt krävs minst 20 p. Bonuspoäng adderas enligt givna regler.

Resultat meddelas via epost. Granskning kan ske efter kontakt med examinator.

Svara utförligt, med motiveringar, på alla frågor.

- 1 På en av laborationerna studerades ström-spänningskaraktistiken för en likriktardiod. Rita upp denna karakteristik och förklara den. Skalorna skall vara rimligt korrekta. (4p)

2. Genom en cirkulär slinga går en ström I . Vinkelrätt mot slingans plan och genom slingans mittpunkt går en axel enligt figurer.



Bidraget till magnetfältet $d\mathbf{B}$ i punkten P från strömelementet $I d\mathbf{l}$ ges av Biot-Savarts lag

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{r^3}$$

Vilken riktning har magnetfältet från strömelementet $I d\mathbf{l}$ i punkten P ? Längdelementet $d\mathbf{l}$ ligger på toppen av slingan.

Vilken riktning har magnetfältet i punkten P från hela strömslingan?

Svaren skall vara tydligt motiverade.

(3p)

3. Opolariserat ljus kan linjärpolariseras genom infall mot en yta under Brewstervinkeln. Vad menas med opolariserat ljus, vad menas med linjärpolariserat ljus och vad är orsaken till att ljuset linjärpolariseras vid infall under Brewstervinkeln?

(3p)

4. En 2-dimensionell plan våg ges i cartesiska koordinater av

$$z(x,y,t) = A \cos(k_x x + k_y y - \omega t) = 0,12 \cos(3,6 x + 4,8 y - 200t)$$

I vilken riktning utbreder sig den plana vågen

Vilken våglängd har den plana vågen ?

(3p)

5. Tre vågor utbreder sig i samma riktning och bildar ett vågpaket eller en vågrupp.

De tre vågorna har vinkelfrekvenserna och vågtalen $\omega_1 = 36\pi \text{ s}^{-1}$, $k_1 = 10,10 \text{ m}^{-1}$,

$\omega_2 = 37\pi \text{ s}^{-1}$, $k_2 = 9,80 \text{ m}^{-1}$ samt $\omega_3 = 38\pi \text{ s}^{-1}$, $k_3 = 9,40 \text{ m}^{-1}$.

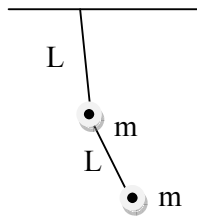
Inom vilket intervall ligger sannolikt grupphastigheten för vågpaketet?

(3p)

6. Två ljusstrålar med våglängderna $\lambda_1 = 540 \text{ nm}$ och $\lambda_2 = 580 \text{ nm}$ infaller vinkelrätt mot ett gitter bestående av fyra parallella spalter. Spaltbredderna är $6 \mu\text{m}$ och avstånden mellan mittpunkterna av två intill varandra liggande spalter är $24 \mu\text{m}$. Vad är ljusintensiteten på en skärm bakom gittret i den riktning, som motsvarar första saknade ordningen (missing order) för våglängden 540 nm ? (Missing order innebär att diffraktionsminimum sammanfaller med interferensmaximum.) Ljusintensiteten skall ges relativt den starkaste intensiteten på skärmen. De båda mot spalterna inkommande strålarna har samma intensitet. En användbar relation i sammanhanget är

$$I(\theta) = I_0 \frac{\sin^2 \beta}{\beta^2} \frac{\sin^2 Ny}{\sin^2 \gamma} \quad (8p)$$

7. Ställ upp rörelseekvationerna för de båda kopplade pendelsvängningarna i figuren.



Vilka är normalfrekvenserna om $L=0,8 \text{ m}$? Vilken är kvoten mellan den undre och den övre massans maximala utslag vid den lägsta normalfrekvensen?

Antag att pendlarnas svängningsutslag är små. (8p)

8. En, i praktiken oändligt lång, sträng är inspänd med kraften $0,8 \text{ N}$. En våg breder ut sig på strängen med hastigheten $4,2 \text{ m/s}$. Den maximala transversella hastigheten för en punkt på strängen är $0,18 \text{ m/s}$ och denna hastighet återkommer i punkten med ett intervall av $0,86 \text{ s}$.

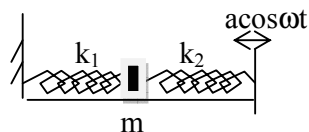
Vilken energi transporterar vågen genom varje tvärsnittsarea av strängen per sekund?

Bestäm det exakta uttrycket för vågen på strängen. (8p)

9. En kloss med massan $m=0,4 \text{ kg}$ är utsatt för tvungna svängningar enligt figuren. Klossen är via en fjäder med fjäderkonstanten $k_1 = 4,8 \text{ N/m}$ kopplad till en vägg och genom en fjäder med fjäderkonstanten $k_2=6,2 \text{ N/m}$ kopplad till en platta som rör sig enligt $s(t) = a \cos \omega t = 0,1 \cos \omega t$.

Klossen har en friktion mot underlaget som karakteriseras av friktionskoefficienten $b=2,4 \text{ Ns/m}$.

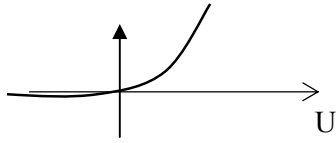
Vilken amplitud får klossens svängningar, när den pålagda vinkelfrekvensen är 8 s^{-1} ? Vilken energi utvecklas ("förbrukas") av klossens friktionskraft under en halv period?



(8p)

Solutions on exam problems 101213. FFY615

1.



Current on the y-axis. When backward biased, negative voltage, the current is in the μA range. In the forward direction the current is low until a knee at about 0,5- 1 V and then raise steeply into the mA range.

2. dB points perpendicular to $d\mathbf{l}$ and \mathbf{r} . That means downwards to the left.
The B-field from the entire loop points in the direction of the negative x-axis.
3. Unpolarized light composed of a random orientation of E-fields. The time average equal zero.
Linear polarized light have E-field (E-vectors) oscillating in one plane.
The linear polarization of the light incident under the Brewster angle is due to the boundary condition at a surface. The E- and B-wave functions, and their derivatives, must be continuous at the boundary.

4. The plane wave propagates in a direction of 53 degrees to the x-axis.
 $\tan \alpha = k_y/k_x = 4,8/3,6 \rightarrow \alpha = 53$ degrees.
The wave length $= 2\pi/(k_x^2 + k_y^2)^{1/2} = 1,05$ m.

5. The group velocity within the range 7,85-10,47 m/s.
From

$$v_g = \frac{\omega_2 - \omega_1}{k_2 - k_1}$$

and similar for 2,3.

6. The light intensity at the first missing order of 540 nm is 0,05 % of the maximum intensity. The intensity in the centre of the screen is $2I_0$ if I_0 is the maximum intensity from one incoming light beam.

Diffraction minimum (small angles) at

$$\theta = n \frac{\lambda}{d} \quad n = \pm 1, \pm 2, \dots$$

Interference maximum at

$$a \sin \theta = p\lambda \quad \text{or} \quad a\theta = p\lambda \quad p = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

First missing order at the lowest combination of integer n, p satisfying

$$n \frac{\lambda}{d} = p \frac{\lambda}{a}$$

As $a=4d$ the relation is fulfilled at $n=1, p=4$.

$n=1$ means $\theta = 0,09$ rad or $5,16^\circ$.

The intensity at $\theta = 0,09$ rad from the 580 nm beam from the expression

$$I(\theta) = I_0 \frac{\sin^2 \beta}{\beta^2} \frac{\sin^2 N\gamma}{\sin^2 \gamma}$$

$$\beta = \frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta$$

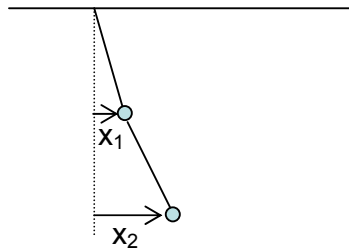
$$\gamma = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta$$

Insert the values with $N=4$. The result will be $I(\theta) = 0,95 \cdot 10^{-3} I_0$.

I_0 is here the max intensity of the 580 nm beam. The 540 nm beam has the same intensity and then the answer will be

$$I(\theta=5,16^\circ) = 0,48 \cdot 10^{-3} I_{\max} \text{ or } 0,05\% \text{ of max.}$$

7.



The equation of motion derived here rely upon that the displacements x_1 and x_2 are small.

The equation of motion for the lower mass is, as for a single pendulum:

$$m \frac{d^2 x_2}{dt^2} = -\frac{mg}{L} (x_2 - x_1)$$

The equation of motion for the upper mass must take into account that the tension in the upper string is due to both the masses. The forces in then the reaction force from the lower mass and x-direction of the tension in the string:

$$m \frac{d^2 x_1}{dt^2} = \frac{mg}{L} (x_2 - x_1) - \frac{2mg}{L} x_1$$

Assume the solutions

$$x_1 = A \cos \omega t$$

$$x_2 = B \cos \omega t$$

Insert into the above equations and the solutions will be

$$\omega_{1,2} = \left(\frac{(2 \pm \sqrt{2}) \cdot 9,81}{0,8} \right) = 6,47 \text{ and } 2,68$$

The ratios of the amplitudes of 2 and 1 is 2,41.

8. The energy per second equal the power is $0,003 \text{ W} = 3 \text{ mW}$.
The exact wave function $y(x,t) = 0,025 \sin(1,74 x - 7,3 t)$

Assume the wave function

$$y = A \cos(kx - \omega t)$$

The transverse velocity is then

$$dy/dt = A\omega \sin(kx - \omega t)$$

The maximum transverse velocity = $A\omega = 0,18$.

The exact wave function: $y = 0,0247 \cos(1,74 x - 7,30 t)$

(Another answer if you interpreted the period as $0,86 \cdot 2 = 1,72 \text{ s}$)

The energy per second or power = $3,1 \text{ mW}$

9. This was a somewhat complicated problem with solutions
The amplitude = $0,026 \text{ m}$
The energy during a half period = $0,02 \text{ J}$