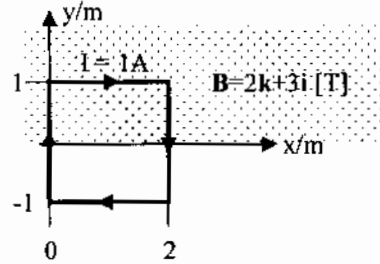
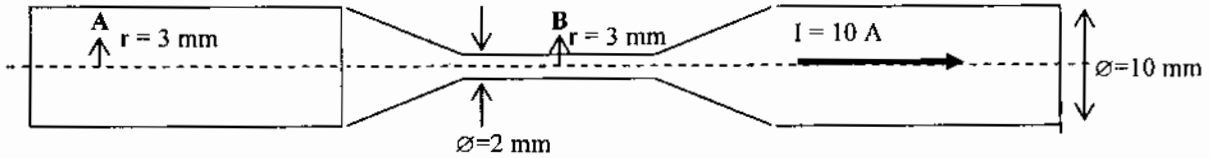


1. X-Y -tasossa on neliön muotoinen virtasilmukka. Silmukan sivut ovat pituudeltaan 2m ja silmukassa kulkee myötäpäivään tasavirta  $I = 1\text{ A}$ . Silmukan kärkipisteiden koordinaatit ovat  $(0,-1)[\text{m}]$ ,  $(0,1)[\text{m}]$ ,  $(2,-1)[\text{m}]$  ja  $(2,1)[\text{m}]$ . Silmukan läpäisee x-akselin yläpuolella viistosti vakio magneettikenttä  $\vec{B} = 2\hat{k} + 3\hat{i}[\text{T}]$ . Määritä silmukkaan kohdistuvan magneettisen kokonaisvoiman itseisarvo. (10p)



2. Pitkän suoran ympyrälieriön muotoisen johtimen halkaisija on 10 mm. Johtimessa kulkee 10 A:n tasavirta. Alla olevassa kuvassa on suurennos (ei mittakaavassa) eräältä kohdalta, jossa johdinta on ohennettu halkaisijaltaan 2mm paksuksi, pitkäksi ympyrälieriöksi. Lieriöt (paksu ja ohut osa johtimesta) ovat samankesisiä. Kuvassa on osoitettu pisteet A ja B, jotka sijaitsevat kumpikin 3 mm:n etäisyydellä akselista. Piste A on paksun osan sisällä hyvin kaukana ohuesta osasta ja piste B on siis ohuen osan ulkopuolella, ohuen osan puolivälissä. Lieriöiden alueilla virta on jakaantunut tasaisesti poikkipinta-alalle.



Perustuen Amperen lakiin, määritä

- Magneettikenttä pisteessä A (5p)
  - Magneettikenttä pisteessä B (5p)
3. Solenoidin ( $L = 0,250\text{ H}$ ) läpi kulkee vaihtovirta  $i(t) = (124\text{ mA})\cos(240\pi\frac{1}{s}\cdot t)$ .
- Määritä solenoidin maksimi sähkömotorinen voima ( max emf) (2,5 p) ja sillä hetkellä solenoidissa kulkeva virta. (2,5 p)
  - Määritä solenoidissa kulkeva maksimi virta (2,5 p) ja sillä hetkellä solenoidin emf.(2,5 p)
4. L-R-C -sarjapiirissä on 1,80 H induktori, 0,900 $\mu\text{F}$  kondensaattori ja 300  $\Omega$  vastus. Piirin jännitelähteen  $V_{\text{rms}} = 60\text{ V}$  ja sen sinimuotoisen vaihtojännitteen kulmataajuus  $\omega$  [rad/s] on muutettavissa. Määritä se kulmataajuusväli  $\Delta\omega$  [rad/s], jolla piirissä kulkeva virta on vähintään 50% maksimivirrasta.(10 p)

5. Sähkömagneettinen aalto etenee tyhjiössä. Aallon magneettikenttävektori on

$$\vec{B}(x,t) = (8,25 \cdot 10^{-9}\text{ T}) \cdot \sin\left[\left(1,38 \cdot 10^4 \frac{\text{rad}}{\text{m}}\right)x + \omega t\right]\hat{j}.$$

- Määritä aallon etenemissuunta ja taajuus  $f$  [Hz].(5p)
- Määritä aallon sähkökentän amplitudi ja sähkökenttävektori  $\vec{E}(x,t)$ .(5p)

Kokeessa saa olla mukana Tammer-tekniikan kaavasto, Maol taulukot, Lukion taulukot, YO – hyväksytyt laskin ja kirjoitusvälineet.

Skaalaustekijät, siirtymäalkiot ja yksikkövektorit

	Kartesinen	Sylinteri	Pallo
$h_1$	1	1	1
$h_2$	1	$\rho$	$r$
$h_3$	1	1	$r \sin \theta$
$du_1$	$dx$	$d\rho$	$dr$
$du_2$	$dy$	$d\phi$	$d\theta$
$du_3$	$dz$	$dz$	$d\phi$
$\hat{e}_1$	$\hat{i}$	$\hat{e}_\rho$	$\hat{e}_r$
$\hat{e}_2$	$\hat{j}$	$\hat{e}_\phi$	$\hat{e}_\theta$
$\hat{e}_3$	$\hat{k}$	$\hat{e}_z$	$\hat{e}_\phi$

Kantavektorit

$$\hat{e}_\rho = \cos \phi \hat{i} + \sin \phi \hat{j}$$

$$\hat{e}_\phi = -\sin \phi \hat{i} + \cos \phi \hat{j}$$

$$\hat{e}_z = \hat{k}$$

$$\hat{e}_r = \sin \theta \cos \phi \hat{i} + \sin \theta \sin \phi \hat{j} + \cos \theta \hat{k}$$

$$\hat{e}_\theta = \cos \theta \cos \phi \hat{i} + \cos \theta \sin \phi \hat{j} - \sin \theta \hat{k}$$

$$\hat{e}_\phi = -\sin \phi \hat{i} + \cos \phi \hat{j}$$

Kaari:

$$d\bar{r} = h_1 du_1 \hat{e}_1 + h_2 du_2 \hat{e}_2 + h_3 du_3 \hat{e}_3$$

Pinta-ala yksikkövektorin  $\hat{e}_1$  suunnalla :

$$d\bar{A} = h_2 h_3 du_2 du_3 \hat{e}_1$$

Tilavuuselementti:

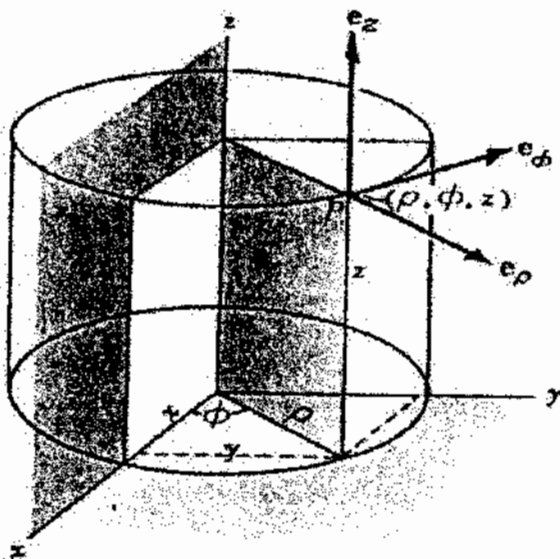
$$dV = h_1 h_2 h_3 du_1 du_2 du_3$$

$$0 < \phi < 2\pi,$$

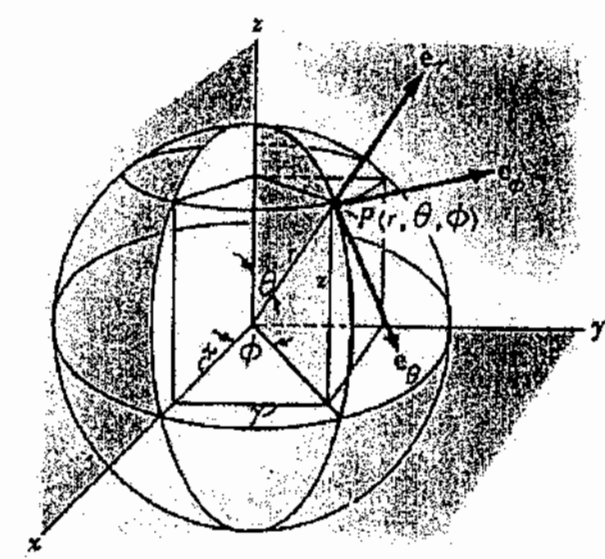
$$0 < \theta < \pi,$$

$$\rho \geq 0$$

$$r \geq 0$$



Sylinterikoordinaatisto



Pallokoordinaatisto

# Maxwellin yhtälöt

