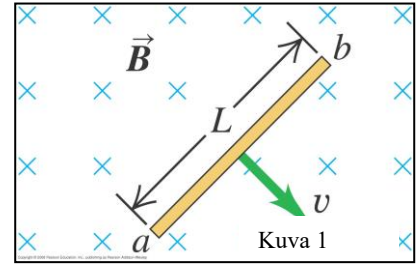


# 761119P Sähkömagnetismi 1

## 6. laskuharjoitus, kevät 2019

1. Kuvan 1 tilanteessa johtava sauva, pituudeltaan  $L = 30,0$  cm, liikkuu magneettikentässä  $\vec{B}$ , jonka magneettivuon tiheys on  $0,450$  T ja suunta kohti kuvan tasoa. Sauva liikkuu nopeudella  $v = 5,00$  m/s merkittävään suuntaan.

- Mikä on sauvan päiden välinen potentiaaliero?
- Kumpi pisteistä  $a$  ja  $b$  on korkeammassa potentiaalissa?
- Kun sauvan sisältämät varaukset ovat tasapainotilassa, mikä on sauvassa olevan sähkökentän suuruus ja suunta?
- Kun sauvan sisältämät varaukset ovat tasapainotilassa, kumpi pisteistä  $a$  ja  $b$  on varautunut positiivisesti verrattuna toiseen?
- Mikä on sauvan päiden välinen potentiaaliero, jos sauva liikkuu (i) suunnassa  $ab$  ja (ii) suoraan kohti katsojaa?



2. Pitkässä kelassa on 900 kierrosta metriä kohden ja sen poikkipinnan säde on  $2,50$  cm. Kelassa kulkeva virta kasvaa tasaisesti  $60,0$  A/s. Mikä on indusoituneen sähkökentän voimakkuus a) kelan akselilla, b)  $0,50$  cm etäisyydellä kelan akselista ja c)  $5,0$  cm etäisyydellä kelan akselista?

3. Solenoidi on tehty käämimällä 25 johdinkierrosta tiukasti toisen kelan ympärille, jossa on 300 kierrosta (ks. kuva 30.3). Sisemmän solenoidin pituus on  $25,0$  cm ja sen halkaisija on  $2,00$  cm. Tietyllä hetkellä sisemässä solenoidissa kulkee  $0,120$  A:n virta, ja se kasvaa nopeudella  $1,75 \cdot 10^3$  A/s. Määritä tällä ajanhetkellä

- keskimääräinen magneettivuon tiheys sisemmän solenoidin kunkin kierroksen läpi,
- kelojen keskinäisinduktanssi ja
- lähdejännite, joka indusoituu ulompaan solenoidiin virran muuttuessa sisemässä solenoidissa.

4. Toroidin muotoisessa solenoidissa on 500 kierrosta, sen poikkileikkauksen pinta-ala on  $6,25$  cm<sup>2</sup> ja keskimääräinen säde  $4,00$  cm.

- Laske solenoidin itseinduktanssi.
- Jos virta pienenee tasaisesti arvosta  $5,00$  A arvoon  $2,00$  A  $3,00$  millisekunnin aikana, laske solenoidiin indusoitunut itseindusoitunut lähdejännite.
- Virta kulkee pitkin solenoidia päästä  $a$  päähän  $b$ . Suuntautuuko indusoitunut lähdejännite  $a$ :sta  $b$ :hen vai  $b$ :stä  $a$ :han?

5. Toroidin mallisessa kelassa on 300 kierrosta, sen keskim. säde on  $12,0$  cm ja poikkipinta-ala  $4,00$  cm<sup>2</sup>. Jos kelassa kulkee virta  $5,00$  A, laske (a) kelan magneettikenttä, (b) kelan itseinduktanssi, (c) magneettikenttään varastoitunut energia, (d) magneettikentän energiatiheys, (e) tarkista d-kohdan vastaus jakamalla c-kohdan energia kelan tilavuudella.

6. Kelan induktanssi on  $0,250$  H ja siinä kulkee ajallisesti vaihteleva sähkövirta  $i(t) = (124 \text{ mA}) \cos\left[\left(240 \frac{\pi}{\text{s}}\right) t\right]$ .

- Määritä lauseke kelaan indusoituneelle sähkömotoriselle voimalle ajan funktiona. Piirrä koordinaatistoon kuvaajat sekä virrasta, että sähkömotorisesta voimasta aikavälillä  $t = 0$  s... $1/60$  s.
- Mikä on sähkömotorisen voiman maksimiarvo ja mikä on virran arvo sillä hetkellä kun sähkömotorinen voima on maksimissaan?
- Mikä on virran maksimiarvo ja mikä on sähkömotorisen voiman arvo sillä hetkellä kun virta on maksimissaan?

7. Koaksiaalikaapelissa on ohut sisäjohtin, jonka säde on  $a$  ja johtava ulkokuori, jonka säde on  $b$ . Näiden johtimien välissä on eristekerros. Molemmassa johtimissa kulkee sama virta  $i$ , mutta vastakkaisiin suuntiin.

- Määritä Amperen lailla magneettikenttä johdinten välissä. Mieti tarkasti minkälainen magneettikenttä tässä syntyy ja piirrä kuva avuksi.
- Määritä lauseke magneettivuon tiheydelle  $d\Phi_B$ , joka menee ohuen johdon suuntaisen, pituudeltaan  $l$  olevan suorakaiteen läpi. Suorakaide on etäisyydellä  $r$  kaapelin keskustasta ja sen paksuus radiaalisessa suunnassa on  $dr$ .
- Integroi b-kohdan tulos sisä- ja ulkojohtimien välisen etäisyyden yli, jotta saat johdinten välissä kulkevan kokonaismagneettivuon.
- Osoita sitten, että  $l$  pituisen koaksiaalikaapelin induktanssi on

$$L = l \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

