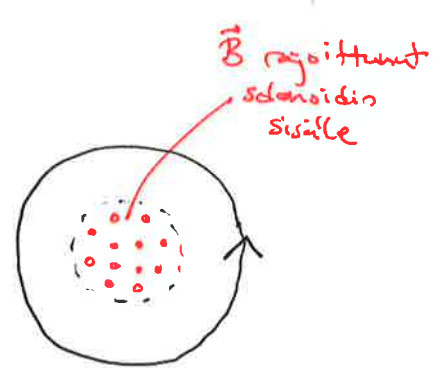
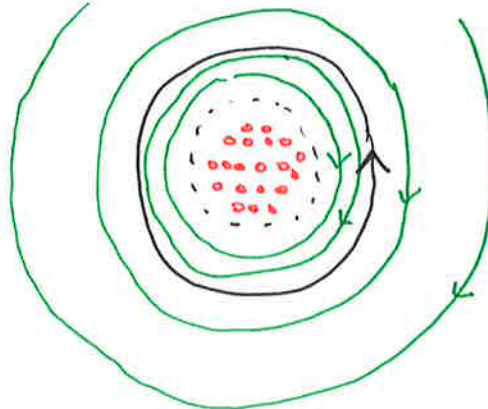


Sama ylhäältä päin katsottuna

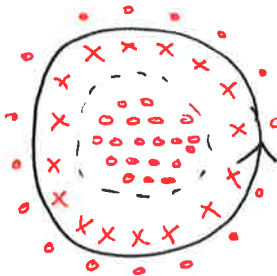


Mitä tapahtuu, jos virta solenoidissa kasvaa?



"Muuttuva magneettikenttä synnyttää pyörteisen sähkökentän"

- ⇒ virta johdinsilmukassa muuttuu
- ⇒ syntyy indusoitu magneettikenttä



Vastavuoksi Maxwellin lisäys Amperen lakiin: (eli virta synnyttää magneettikentän)

muuttuva sähkökenttä synnyttää magneettikentän

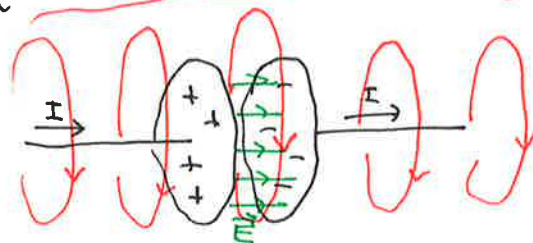
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

Amperen laki Maxwellin lisäys

tai

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt}$$

Sama \vec{B} vaihtelee kondensaattorilevyjen välissä ei virta kuljetaan (mutta \vec{E} muuttuu)



Kentän energia

Kirjassa johdettu sähkökentän energiatheys

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

Oltava vastaava magneettikentän energiatheys (mitä?)

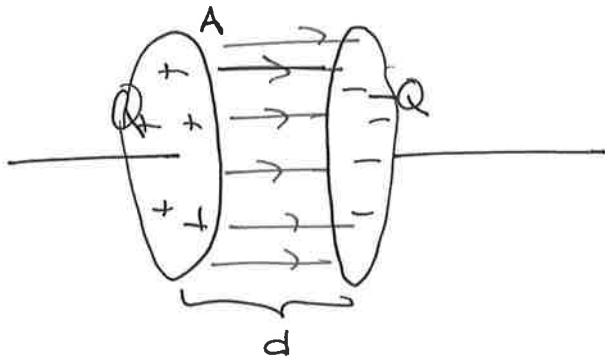
$$u_B = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0}$$

Sähkömagneettisen kentän energiatheys on

$$u = u_E + u_B = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0}$$

jota ei riipu koordinaattien valinnasta! E ja B välistä vaihtua koordinaattista vaihdettaessa mutta aina sopivassa suhteessa)

Esim. kondensaattorin kentän energia



Jos kondensaattorilevyt ruuvet, on $|\vec{E}| \approx$ vakio levyjen välissä:

$$|\vec{E}| = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \leftarrow \text{pintavarausheys } \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{Q}{A\epsilon_0}; \text{ levyjen välissä (olla ulkopuolella)}$$

Magneettikenttä staattisessa tapauksessa nolla, $\vec{B} = 0$.

$$\Rightarrow u = u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 \left(\frac{Q}{A\epsilon_0} \right)^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{A^2 \epsilon_0}$$

energiatheys = vakio levyjen välissä, tilavuus = $A \cdot d$

\Rightarrow kokonaisenergia:

$$U = u \cdot A \cdot d = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{A\epsilon_0} \cdot Ad = \frac{1}{2} \frac{Q^2 d}{A\epsilon_0} = \frac{1}{2} \frac{d}{A\epsilon_0} Q^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \dots$$

$\frac{1}{C}$, kondensaattorin kapasitanssi

Staattisessa tapauksessa kentän energia voidaan tulkita vain varauksen sähkömagneettisina potentiaalienergioina. Mutta dynaamisissa tapauksissa (erityisesti sähkömagneettisten kenttien tapauksessa) on hyödyllistä ajatella, että energia on kentässä itsessään.