

Katoavainen sähkömagneettinen kenttä

Andreas Norrman

Teoreettisen fysiikan syventävien opintojen seminaari

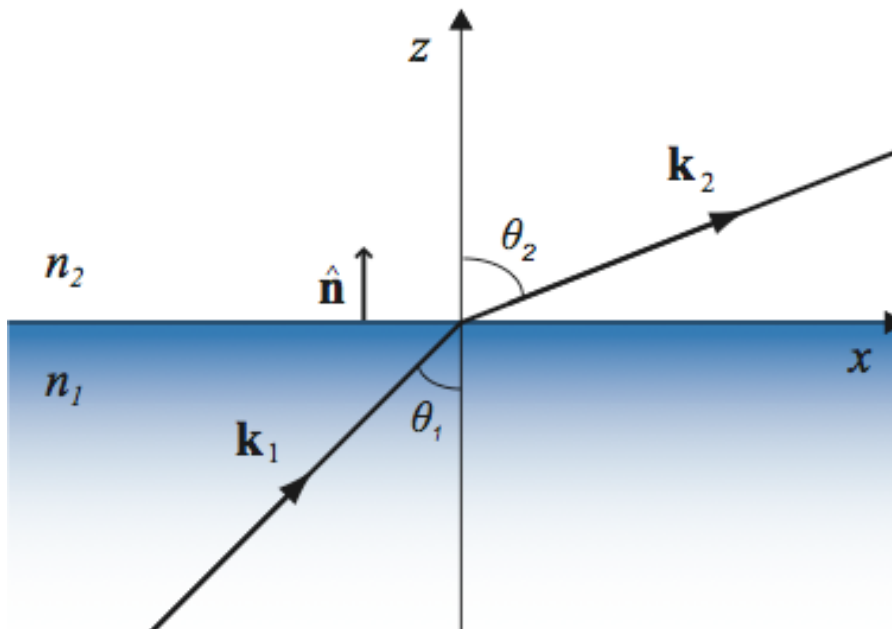
4.3.2010

Esitelmän rakenne

- Katoavaisen kentän synty
- Katoavaisen kentän lauseke
- Ominaisuuksia
- Ehkäisty kokonaisheijastuminen

Katoavaisen kentän synty

- Kenttä syntyy, kun etenevä aalto kokonaisheijastuu kahden aineen rajapinnalta.
- Katoavaista kenttää ei synny homogeenisessa aineessa.



$$n_1 > n_2!$$

$$\theta_1 > \theta_c!$$

- Fysikaalinen syy vaimenevan kentän olemassaoloon liittyy siihen, että sähkö- ja magneettikentän tulee olla jatkuvia rajapinnalla.
- Nimi tulee englannin kielen sanasta “*evanescent*”.
- Ei tule sekoittaa “normaaliin” vaimenevaan kenttään!
- Katoavaisen kentän lauseke saadaan johdettua Maxwellin yhtälöistä, aaltoyhtälöstä sekä reunaehdoista.

$$\mathbf{E} = \begin{pmatrix} -iE_p t_p \tilde{n} \gamma \\ E_s t_s \\ E_p t_p \tilde{n} \sin \theta_1 \end{pmatrix} e^{k_1 (i \sin \theta_1 x - \gamma z)}$$

$$\gamma \equiv \tilde{n}^{-1} \sqrt{(\tilde{n} \sin \theta_1)^2 - 1}$$

$$\tilde{n} \equiv \frac{n_1}{n_2}$$

- **Ominaisuuksia**

- Vähintään yksi aaltovektorin komponenteista on puhtaasti imaginaarinen.
- Kentän amplitudi vaimenee eksponentiaalisti siirryttäessä pinnasta poispäin.
- Kenttä on voimakas ainoastaan λ etäisyyden sisällä pinnasta poispäin.
- Mitä suurempi tulokulma θ , sitä nopeampaa on vaimeneminen.
- Vaimeneva kenttä ei kuljeta energiaa.

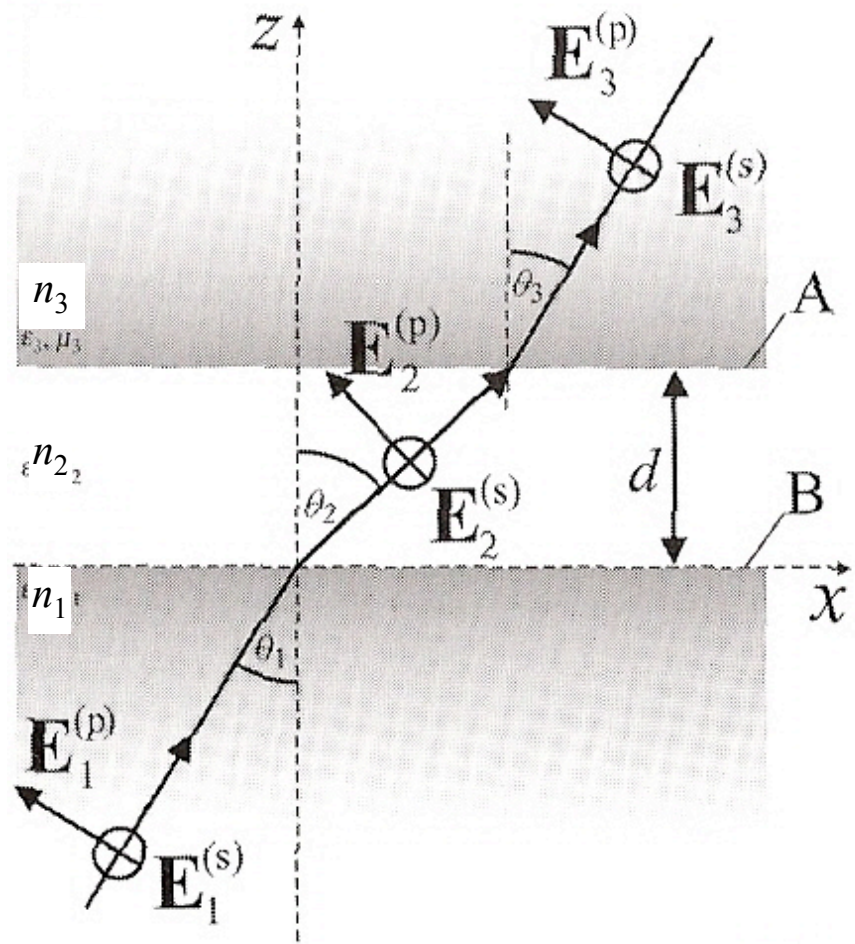
- **Mielenkiintoisia ominaisuuksia**

- Pintaa pitkin kenttä etenee ja kuljettaa energiaa.
- Kenttä voi olla hyvin voimakas pinnan läheisyydessä (nanoskaala).
- Pintaa pitkin etenevän aallon aallonpituus on aina lyhyempi kuin pinnan yläpuolella etenevän aallon.

Katovaisilla kentillä on keskeinen asema nano-optiikassa!

Ehkäisty kokonaisheijastuminen

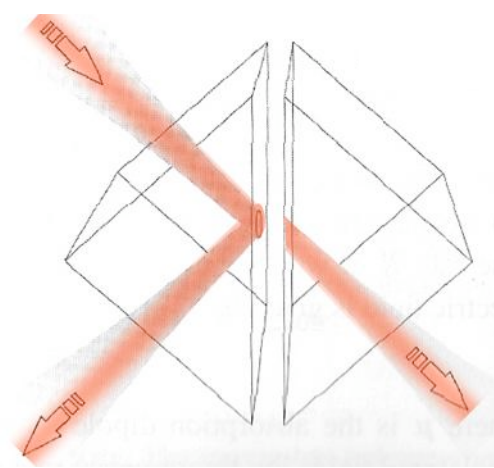
- *“Frustrated total internal reflection”*
- Katoavaisen kentän erittäin tärkeä ominaisuus.
- Ehkäistyssä kokonaisheijastumisessa katoavainen kenttä muuttuu eteneväksi aalloksi ja kuljettaa energiaa.
- Lyhyen aallonpituudensa takia kenttä kantaa informaatiota rakenteista, joita esiintyy nano-skaalassa.
- Ilmiö vaatii kolmannen aineen läsnäolon.



$$d \sim \lambda$$

$$n_2 < n_3 < n_1$$

$$\arcsin(n_2/n_1) < \theta_1 < \arcsin(n_3/n_1)$$



Huomioita:

- Ilmiö on analoginen kvanttimekaanisen tunneloitumisen kanssa, jossa esim. elektroni tunneloituu potentiaalivallin lävitse.
- Mittalaite vaikuttaa tulokseen!