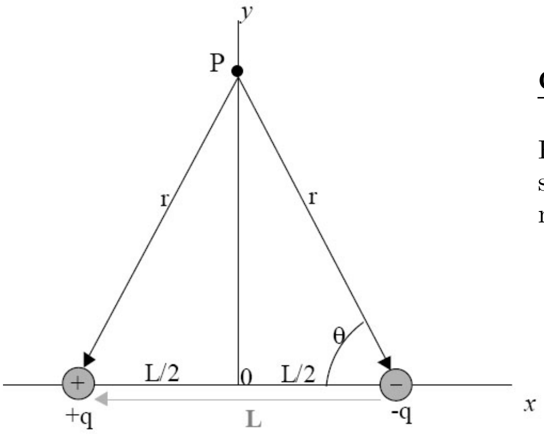
Inst. for fysikk 2016

# TFY4155/FY1003 Elektr. & magnetisme

# Øving 2.

## Elektrisk felt, fluks, Gauss' lov.

*Veiledning:* To. 21. og fre. 22. jan. ifølge nettsider.
*Innlevering:* Mandag 25. jan. kl. 14:00 Lever øvinger i bokser utenfor R4.




**Oppgave 1. Elektrisk dipol.**

Finn det elektriske feltet fra en elektrisk dipol i punktet P (se figur), som ligger langs midtlinja på dipolen. Uttrykk svaret ved dipolmomentet $\vec{p} = q\vec{L}$ og avstanden $r$.

**Oppgave 2. Ladet stav.**

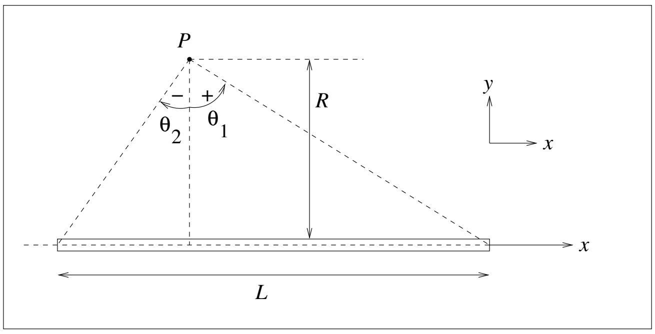
En tynn stav med lengde $L$ har uniform ladning $\lambda$ per lengdeenhet.

a) Hvor mye ladning $dq$ er det på en liten lengde $dx$ av staven? Hva er stavens totale ladning $Q$?

b) Vi legger staven på $x$-aksen, slik at punktet $P$ har koordinater $(x, y) = (0, R)$. Vis at det elektriske feltet i $P$, dvs i avstand $R$ fra staven, er gitt ved $\vec{E} = E_x\hat{x} + E_y\hat{y}$, med

$$E_x = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0 R}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2) \qquad (1)$$

$$E_y = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0 R}(\sin\theta_1 - \sin\theta_2)\,. \qquad (2)$$




Her er $\theta_1$ og $\theta_2$ vinklene som dannes mellom linjene fra $P$ til stavens endepunkter og normalen til staven gjennom $P$ (dvs $y$-aksen), som vist i figuren. (Fortegnet til vinklene er som indikert i figuren, dvs $\theta$ er negativ når $x < 0$).

Tips 1: Feltet $\mathrm{d}\vec{E}$ fra en liten bit $\mathrm{d}x$ av staven (i posisjon $x$) er $\mathrm{d}\vec{E} = (\lambda\,\mathrm{d}x/4\pi\varepsilon_0 r^2)\hat{r}$, der $\vec{r}$ er avstandsvektoren fra biten $\mathrm{d}x$ til punktet $P$. Prøv deretter å ende opp med $\theta$ som integrasjonsvariabel ved å finne en sammenheng mellom $x$ og $\theta$.

c) Bestem feltet når $P$ er like langt fra stavens to ender. Hva blir $\vec{E}$ når $P$ er langt unna staven (dvs $R \gg L$).
NB: Her er vi ikke ute etter (det i og for seg korrekte) svaret $\vec{E} \simeq 0$ for $R \to \infty$, men derimot hvordan $\vec{E}$ avhenger av $R$ "til ledende orden" for $R \gg L$. Er svaret som forventet?

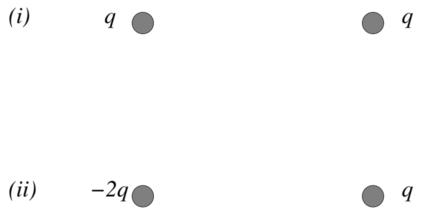
d) Hva blir det elektriske feltet i avstand $R$ fra en uendelig lang uniformt ladet stav? (Dvs: $L \to \infty$)

Tips 2: I Ex. 21.11 i Young & Freedman beregnes feltet på midtaksen til staven, det samme er gjort i forelesning.

**Oppgave 3. Feltlinjer.**

I denne oppgaven vis skissene i hver av tilfellene både i "stor" og i "liten" målestokk, slik at de gir et kvalitativt bilde av feltet både nærme og svært langt unna.

a) Skisser elektriske feltlinjer for disse to systemene av punktladninger:




b) For staven i oppgave 2:

i) Skisser de elektriske feltlinjer i et plan normalt på staven gjennom dets midtpunkt.

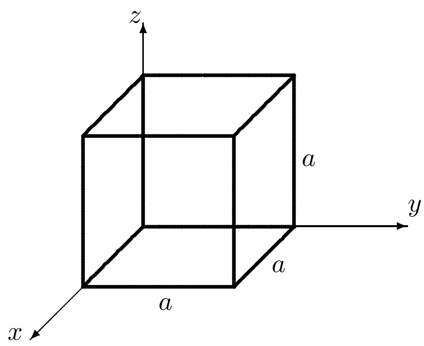
ii) Skisser de elektriske feltlinjer i et plan som inneholder staven.

**Oppgave 4. Fluks.**

I figuren er vist ei Gaussflate (lukka flate) S formet som en kube med sidekant $a$ og ene hjørnet i origo. Flata er plassert i et område hvor det er en elektrisk feltstyrke $\vec{E}(x, y, z)$. Du skal i hvert tilfelle i) - iv) finne:

a) Total (netto) fluks $\Phi_E$ for $\vec{E}$, ut fra flata S og

b) total ladning $Q$ innenfor S.




i) $\vec{E} = E_x\,\hat{\mathbf{i}} = C\,\hat{\mathbf{i}} = C \cdot [1, 0, 0]$
(uniformt og parallelt med $x$-aksen).

ii) $\vec{E} = E_x\,\hat{\mathbf{i}} = C \cdot x\,\hat{\mathbf{i}} = C \cdot [x, 0, 0]$
(parallelt med $x$-aksen og linært økende).

iii) $\vec{E} = E_x\,\hat{\mathbf{i}} = C \cdot x^2\,\hat{\mathbf{i}} = C \cdot [x^2, 0, 0]$
(parallelt med $x$-aksen og kvadratisk økende).

iv) $\vec{E} = E_x\,\hat{\mathbf{i}} + E_y\,\hat{\mathbf{j}} = C \cdot y\,\hat{\mathbf{i}} + C \cdot x\,\hat{\mathbf{j}} = C \cdot [y, x, 0]$.
(i $xy$-planet og økende).

$C$ er en konstant (ulik i hvert tilfelle), $\hat{\mathbf{i}}$ og $\hat{\mathbf{j}}$ er enhetsvektorer i $x$- og $y$-retning.

---

Utvalgte fasitsvar:
2c) $E = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$. 2d) $E = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 R}$.
4a) iii) $C\,a^4$, iv) 0