

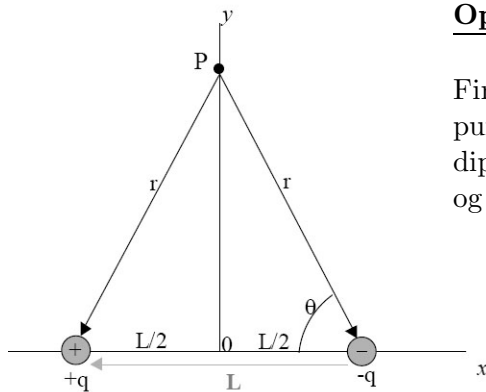
## Øving 2.

### 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.

Finne 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.

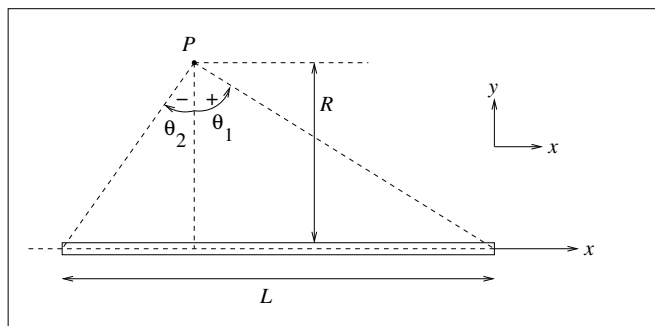
En tynn stav med lengde  $L$  har uniform ladning  $\lambda$  per lengdeenhet.

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

$$E_x = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 R} (\cos\theta_1 - \cos\theta_2) \quad (1)$$

$$E_y = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 R} (\sin\theta_1 - \sin\theta_2) \quad (2)$$



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  $d\vec{E}$  fra en liten bit  $dx$  av staven (i posisjon  $x$ ) er  $d\vec{E} = (\lambda dx/4\pi\epsilon_0 r^2)\hat{r}$ , der  $\vec{r}$  er avstandsvektoren fra biten  $dx$  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  $R \rightarrow \infty$ , 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:  $L \rightarrow \infty$ )

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.

(i)  $q$  ● ●  $q$

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

(ii)  $-2q$  ● ●  $q$

b) For staven i oppgave 2:

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

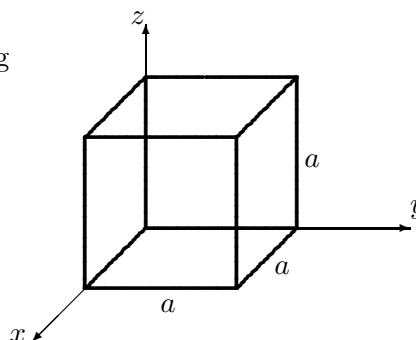
ii) Skisser de elektriske feltlinjer i et plan som inneholder staven.

### 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:

- Total (netto) fluks  $\Phi_E$  for  $\vec{E}$ , ut fra flata  $S$  og
- total ladning  $Q$  innenfor  $S$ .

- $\vec{E} = E_x \hat{i} = C \hat{i} = C \cdot [1, 0, 0]$   
(uniformt og parallelt med  $x$ -aksen).
- $\vec{E} = E_x \hat{i} = C \cdot x \hat{i} = C \cdot [x, 0, 0]$   
(parallelt med  $x$ -aksen og linært økende).
- $\vec{E} = E_x \hat{i} = C \cdot x^2 \hat{i} = C \cdot [x^2, 0, 0]$   
(parallelt med  $x$ -aksen og kvadratisk økende).
- $\vec{E} = E_x \hat{i} + E_y \hat{j} = C \cdot y \hat{i} + C \cdot x \hat{j} = C \cdot [y, x, 0]$ .  
(i  $xy$ -planet og økende).



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

---

Utvalgte fasitsvar:

2c)  $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$ .    2d)  $E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 R}$ .

4a) iii)  $C a^4$ ,    iv) 0