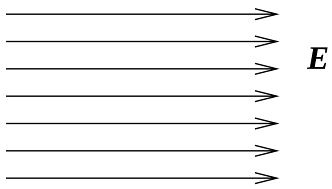
**TFY4104 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU. Høsten 2015.**
**Øving 8. Veiledning: 19. - 23. oktober.**

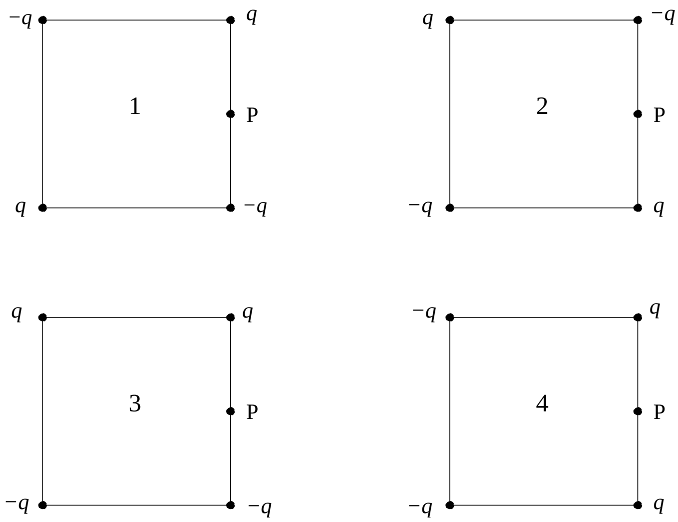
## Oppgave 1

*a*) Figuren viser feltlinjer for et uniformt elektrisk felt. Et elektron som plasseres i dette feltet vil



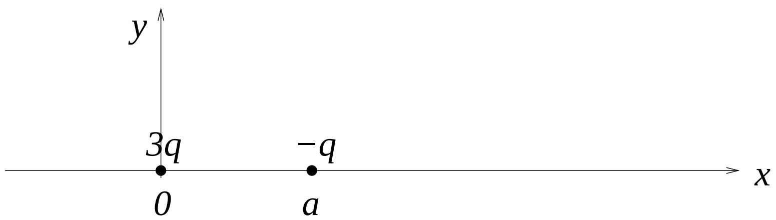

A bevege seg med konstant hastighet mot venstre.
B bevege seg med konstant hastighet mot høyre.
C akselereres mot venstre.
D akselereres mot høyre.

*b*) To positive og to negative punktladninger, alle fire like store i absoluttverdi ($q$), skal plasseres i hvert sitt hjørne av et kvadrat. På hvilken måte skal punktladningene plasseres for å oppnå størst mulig elektrisk feltstyrke (dvs $E = |\boldsymbol{E}|$) midt på høyre sidekant, i punktet P?




A 1
B 2
C 3
D 4

## Oppgave 2




*a*) To punktladninger $3q$ og $-q$ er plassert på $x$-aksen i henholdsvis $x = 0$ og $x = a$. Forklar hvorfor mulige likevektsposisjoner for en tredje ladning $q$ må være på $x$-aksen.

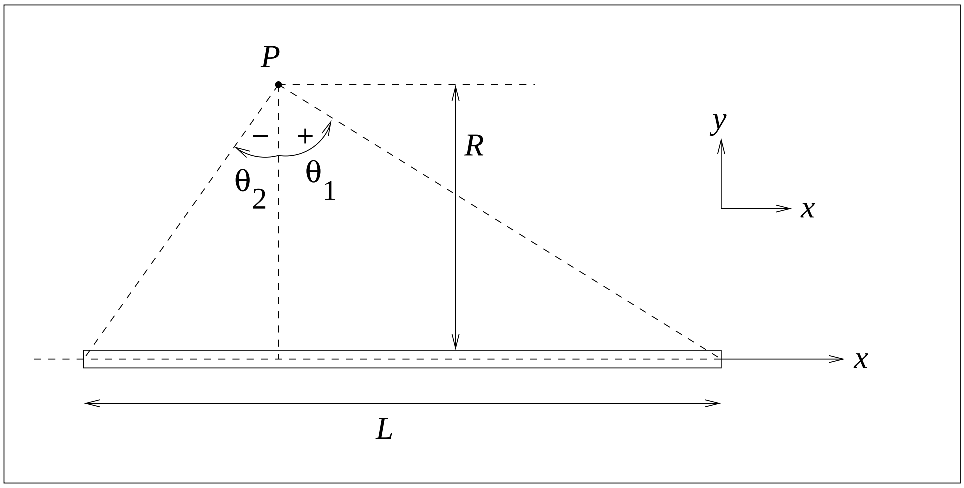
*b*) Det er *en* likevektsposisjon $x_0$ på $x$-aksen for denne tredje ladningen. Bestem $x_0$. Begrunn, *uten* ytterligere regning, at denne likevekten er ustabil med hensyn på en liten forflytning i $x$-retning. (Alternativt, *med* ytterligere regning: Vurder stabiliteten av likevekten ved å se på $dF/dx$ i $x = x_0$.)

[I *likevekt* virker det ingen netto kraft på ladningen. Når den forskyves en avstand $\Delta x$ fra likevektsposisjonen, vil den påvirkes av en kraft. Dersom denne kraften virker i samme retning som $\Delta x$, er likevekten ustabil, i motsatt fall stabil.]

**Oppgave 3**

En tynn stav med lengde $L$ har uniform ladning $\lambda$ pr 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 $\boldsymbol{E} = E_x\hat{x} + E_y\hat{y}$, med

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

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 $x < 0$).

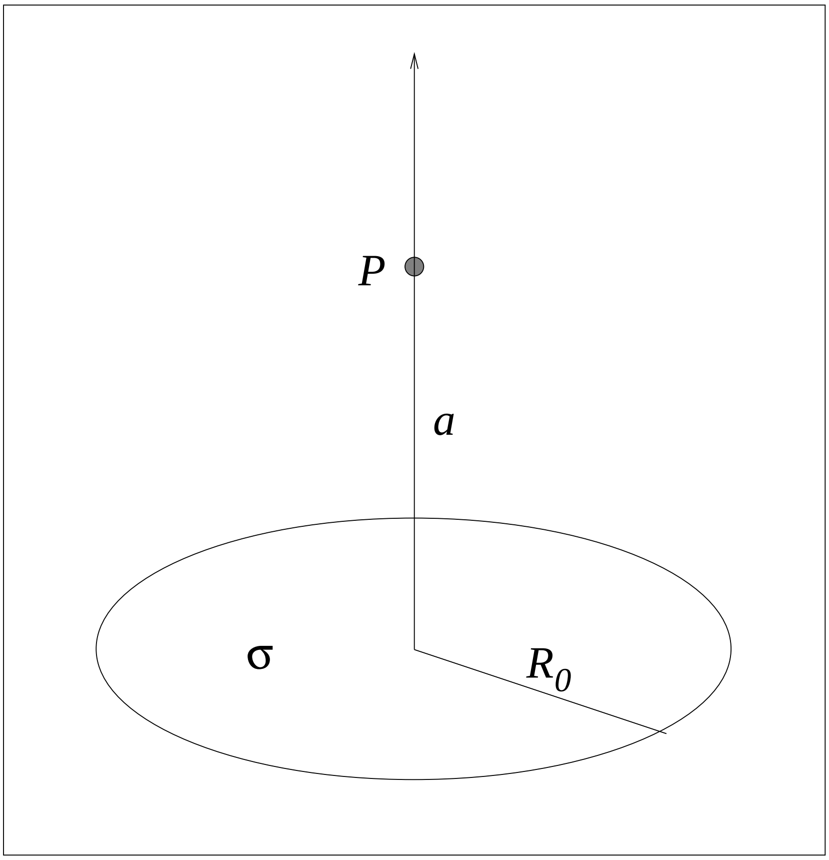
[Tips: Feltet $d\boldsymbol{E}$ fra en liten bit $dx$ av staven (i posisjon $x$) er $d\boldsymbol{E} = (\lambda\, dx/4\pi\varepsilon_0 r^2)\hat{r}$, der $\boldsymbol{r}$ er avstandsvektoren fra biten $dx$ til punktet $P$. Prøv deretter å ende opp med $\theta$ som integrasjonsvariabel ved å finne en sammenheng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

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

**Oppgave 4**

Ei tynn, sirkelforma skive med radius $R_0$ har uniform ladning $\sigma$ pr flateenhet.




$a$) Hvor mye ladning $dq$ er det på en tynn ring av skiva, med radius $R$ og bredde $dR$? Hva er skivas totale ladning $Q$?

$b$) Bestem det elektriske feltet $\boldsymbol{E}$ i et punkt $P$ på symmetriaksen i en avstand $a$ fra skiva. (Tips: Bruk eksemplet fra forelesningene til først å finne feltet $d\boldsymbol{E}$ i $P$ fra en tynn ring med radius $R$ og bredde $dR$. Integrer deretter fra $R = 0$ til $R = R_0$.)

$c$) Hva blir $\boldsymbol{E}$ (igjen: til ledende orden, jfr forrige oppgave) i de to tilfellene $a \gg R_0$ og $a \ll R_0$, dvs henholdsvis langt unna og nært inntil skiva?

Oppgitt: $(1+\alpha)^{\pm 1/2} \simeq 1 \pm \alpha/2$ dersom $\alpha \ll 1$.
(Dette er rett og slett de to første leddene i en polynomutvikling ("rekkeutvikling") av funksjonene $f(\alpha) = (1+\alpha)^{\pm 1/2}$ om punktet $\alpha = 0$.)

Fasitsvar:

**Oppgave 2b**: $x_0 = (3+\sqrt{3})a/2$.

**Oppgave 4b**: $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1 - \frac{a}{\sqrt{a^2+R_0^2}}\right)$