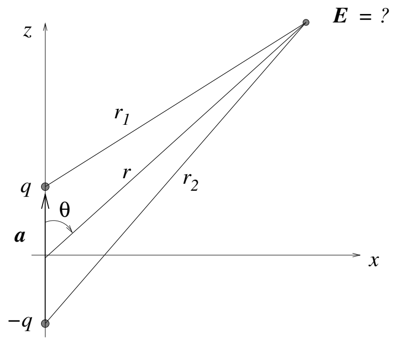
Institutt for fysikk, NTNU
TFY4155/FY1003: Elektrisitet og magnetisme
Vår 2006

Øving 5

Veiledning: Torsdag 9. februar
Innleveringsfrist: Mandag 13. februar

Oppgave 1



I oppgave 3 i øving 4 betraktet vi en elektrisk dipol, bestående av to punktladninger $\pm q$ lokalisert på z-aksen i $z = \pm a/2$. Vi viste at potensialet V i stor avstand ($r \gg a$) fra dipolen er tilnærmet lik

$$V(r,\theta) = \frac{p\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

Her er r avstanden fra origo, dvs dipolens midtpunkt, θ er vinkelen mellom z-aksen og $\boldsymbol{r}$, og $p = |\boldsymbol{p}| = qa$ er dipolens elektriske dipolmoment.

a) Ta utgangspunkt i uttrykket for $V(r,\theta)$ og bestem det elektriske feltet $\boldsymbol{E}(r,\theta) = E_r\hat{r} + E_\theta\hat{\theta}$ i stor avstand fra dipolen.
Det oppgis at gradientoperatoren i kulekoordinater er

$$\nabla = \hat{r}\frac{\partial}{\partial r} + \hat{\theta}\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial\theta} + \hat{\phi}\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\phi}$$

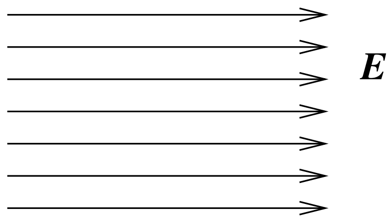
Du får ikke oppgitt noe fasitsvar her, men du kan til en viss grad sjekke om du har regnet riktig ved å se om resultatet virker rimelig for $\theta = 0$ og for $\theta = \pi/2$. Hva med $r = 0$?

b) På grunn av rotasjonssymmetrien omkring z-aksen kan vi f.eks. anta at vi befinner oss i xz-planet. Bestem det elektriske feltet $\boldsymbol{E}(x,z) = E_x\hat{x} + E_z\hat{z}$ uttrykt i kartesiske koordinater for $r \gg a$. Tips: Ta utgangspunkt i uttrykkene for E_r og E_θ i punkt *a*). Tegn opp en figur og finn sammenhengen mellom koordinatene (x,z) og (r,θ), og feltkomponentene E_x, E_z og E_r, E_θ.
[Fasit: $E_x = 3pxz/4\pi\varepsilon_0(x^2+z^2)^{5/2}$, $E_z = p(2z^2 - x^2)/4\pi\varepsilon_0(x^2+z^2)^{5/2}$.]

c) Bestem også $\boldsymbol{E}(x,z)$ ved først å skrive om $V(r,\theta)$ til $V(x,z)$, og deretter anvende gradientoperatoren i kartesiske koordinater.

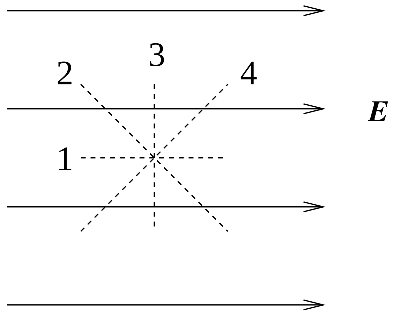
Oppgave 2 (fra tidligere midtsemesterprøver)

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) Figuren viser et uniformt elektrisk felt $\boldsymbol{E}$ (heltrukne linjer). Langs hvilken stiplet linje endrer potensialet seg ikke?

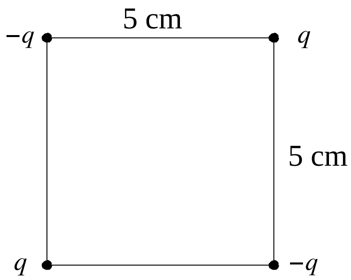


A 1
B 2
C 3
D 4

c) En partikkel med negativ ladning plasseres med null starthastighet i et elektrostatisk felt $\boldsymbol{E}$. Partikkelens bevegelse blir

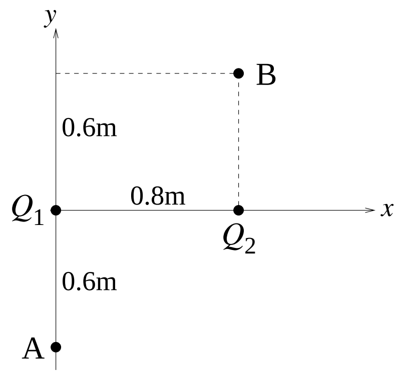
A i retning lavere potensial.
B i retning lavere potensiell energi.
C i samme retning som $\boldsymbol{E}$.
D i retning normalt på $\boldsymbol{E}$.

d) Fire punktladninger, to positive og to negative ($q = 9\ \mu$C), er plassert i hjørnene på et kvadrat med sidekanter 5 cm, som vist i figuren. Hva er systemets potensielle energi?



A 19 J
B Null
C -7 J
D -38 J

e) To punktladninger $Q_1 = 69$ nC og $Q_2 = -98$ nC er plassert i xy-planet, som vist i figuren. Et elektron flyttes fra punkt A til punkt B. Hvor stor endring gir denne forflytningen i systemets potensielle energi? ("Systemet" = de to punktladningene og elektronet.) (1 eV $= 1.6 \cdot 10^{-19}$ J)



A -1 keV
B -1 eV
C 1 eV
D 1 keV

f) Den potensielle energien til to elektroner i innbyrdes avstand 1 Å ($= 10^{-10}$ m) er [1 eV $=$ $1.6 \cdot 10^{-19}$ J]

A 14.4 meV
B 14.4 eV
C 14.4 keV
D 14.4 MeV

g) En berylliumkjerne med ladning $4e$ og masse $9m_p$ og en α-partikkel (dvs en heliumkjerne) med ladning $2e$ og masse $4m_p$ er i ro. De to partiklene kan gis like stor hastighet ved å

A akselerere dem gjennom en like stor potensialforskjell.
B akselerere α-partikkelen gjennom V volt og berylliumkjernen gjennom $V/2$ volt.
C akselerere α-partikkelen gjennom V volt og berylliumkjernen gjennom $8V/9$ volt.
D akselerere α-partikkelen gjennom V volt og berylliumkjernen gjennom $9V/8$ volt.

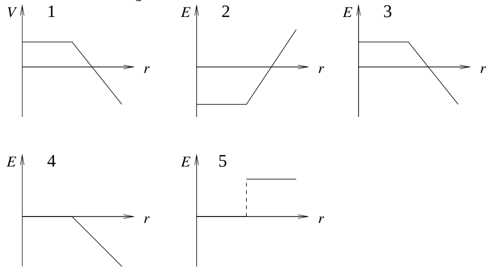
h) Hvor stor er radien til en (kuleformet) ekvipotensialflate på 50 V med en punktladning 10 nC i sentrum? Null potensial velges uendelig langt unna.

A 1.3 m
B 1.8 m
C 3.2 m
D 5.0 m

i) Potensialet i et område er $V(x, y, z) = 100$ V. Det elektriske feltet $\boldsymbol{E}$ i dette området er da

A (100 V/m) $\hat{x}$
B (100 V/m) $\hat{y}$
C (100 V/m) $\hat{z}$
D null

j) Hvis potensialet V som funksjon av avstanden r fra en ladningsfordeling er som vist i graf nr 1, hvilken graf viser da det elektriske feltet E som funksjon av avstanden r?



A 2
B 3
C 4
D 5

k) Potensialet i et område er

$$V(x) = 50\ \mathrm{V} + (15\ \mathrm{V/m})x$$

Det elektriske feltet i dette området er da

A $50\ \mathrm{V}\ \hat{x}$
B $(15\ \mathrm{V/m})\ x\ \hat{x}$
C $(15\ \mathrm{V/m})\ \hat{x}$
D $-(15\ \mathrm{V/m})\ \hat{x}$

l) Potensialet i et område er

$$V(x, y, z) = (2\ \mathrm{V/m})x + (3\ \mathrm{V/m})y + (4\ \mathrm{V/m})z$$

Da er x-komponenten av det elektriske feltet i dette området

A -2 V/m
B -3 V/m
C -4 V/m
D -9 V/m