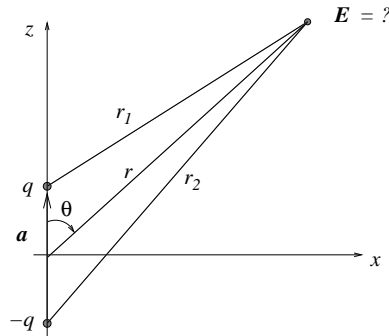


Øving 5

Veiledning: Uke 6
 Innleveringsfrist: Mandag 12. 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

$$V(r, \theta) = \frac{p \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

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

a) Ta utgangspunkt i uttrykket for $V(r, \theta)$ og bestem det elektriske feltet $\mathbf{E}(r, \theta) = E_r \hat{r} + E_\theta \hat{\theta}$ 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 $\mathbf{E}(x, z) = E_x \hat{x} + E_z \hat{z}$ 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: $E_x = 3pxz/4\pi\epsilon_0(x^2 + z^2)^{5/2}$, $E_z = p(2z^2 - x^2)/4\pi\epsilon_0(x^2 + z^2)^{5/2}$.]

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

Oppgave 2 (fra tidligere midtsemesterprøver)

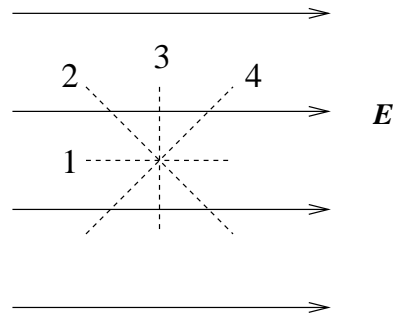
a) Figuren viser feltlinjer for et uniformt elektrisk felt. Et elektron som plasseres i dette feltet vil

- 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 \mathbf{E} (heltrukne linjer). Langs hvilken stiplet linje endrer potensialet seg ikke?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4

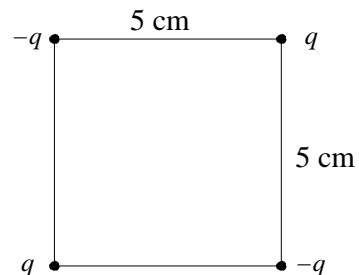


c) En partikkel med negativ ladning plasseres med null starthastighet i et elektrostatisk felt \mathbf{E} . Partikkelens bevegelse blir

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

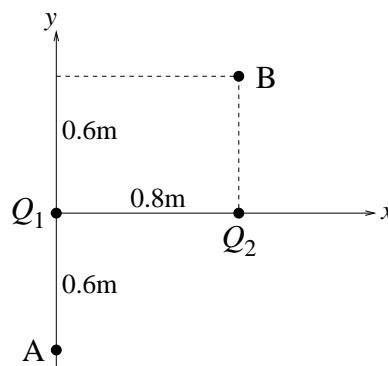
d) Fire punktladninger, to positive og to negative ($q = 9 \mu\text{C}$), er plassert i hjørnene på et kvadrat med sidekanter 5 cm, som vist i figuren. Hva er systemets potensielle energi?

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



e) To punktladninger $Q_1 = 69 \text{ nC}$ og $Q_2 = -98 \text{ nC}$ 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.) ($1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)

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



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

- 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.

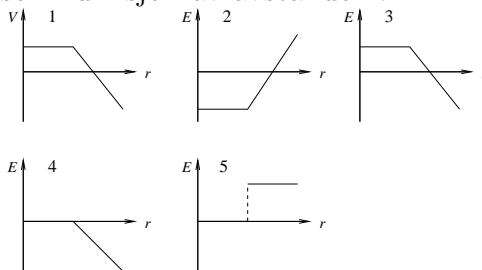
- A 1.3 m
- B 1.8 m
- C 3.2 m
- D 5.0 m

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

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

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

Det elektriske feltet i dette området er da

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

l) Potensialet i et område er

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

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