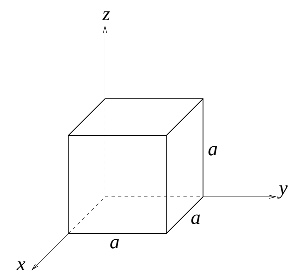
Institutt for fysikk, NTNU
TFY4150/FY1303/SIF4012/MNFFY103: Elektrisitet og magnetisme
Høst 2003

Øving 5

Veiledning: Mandag 15. september
Innleveringsfrist: Torsdag 18. september kl. 1200

Oppgave 1



Figuren over viser en Gaussflate (dvs lukket flate) S formet som en kube med sidekanter Flaten er plassert i et område hvor det er en elektrisk feltstyrke $\boldsymbol{E}$. I hvert av tilfellene a d), bestem total (netto) elektrisk fluks ϕ_E som passerer gjennom flaten S. Bruk Gauss' lov bestem i hvert tilfelle også den totale ladningen Q innenfor S.

$$
\begin{aligned}
a)\quad \boldsymbol{E} &= C\hat{x} \\
b)\quad \boldsymbol{E} &= Cx\hat{x} \\
c)\quad \boldsymbol{E} &= Cx^2\hat{x} \\
d)\quad \boldsymbol{E} &= C\left(y\hat{x} + x\hat{y}\right)
\end{aligned}
$$

Her er C en (skalar) konstant (med varierende enhet).

e) For tilfellet c) skal du nå bestemme ladningstettheten ρ innenfor S. Dette skal du gjøre to måter og til slutt kontrollere at svaret blir det samme. Ta først utgangspunkt i Gauss' på *integralform* idet du betrakter et lite (infinitesimalt) volumelement $a^2\,dx$, dvs en tynn sk med tykkelse dx og endeflater med areal a^2, lokalisert mellom x og $x + dx$. (Mer presist: Br Gauss' lov på flaten som omslutter dette volumelementet.) Bestem deretter ρ ved å beny Gauss' lov på *differensialform*.

Noen svar: b): $Q = C\varepsilon_0 a^3$ c): $Q = C\varepsilon_0 a^4$ e): $\rho = 2C\varepsilon_0 x$

Oppgave 2

Et kuleskall med indre radius a og ytre radius b har en (rom-)ladningstetthet $\rho(r) = k/r^2$ i området $a < r < b$. (k er en konstant) Forøvrig er $\rho = 0$.
Bruk Gauss' lov (på integralform) til å bestemme det elektriske feltet overalt (dvs, for $r < a$, $a < r < b$ og $r > b$). Skisser E som funksjon av r når $b = 2a$.

Oppgave 3

Bruk Gauss' lov til å vise at det elektriske feltet i avstand r fra en uendelig lang (tynn) stav med ladning λ pr lengdeenhet er

$$E(r) = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

Tips: Utnytt sylindersymmetrien i problemet til å velge en fornuftig Gaussflate.
Sammenlign dette med feltet fra en stav med *endelig* lengde (Øving 2, oppgave 1) og kontroller at svaret blir det samme når vi lar stavens lengde bli stor i forhold til avstanden r.

Oppgave 4 (multiple choice)
(Antatt tidsforbruk: ca 10 min. + evt. tid til å bla i lærebok eller notater.)

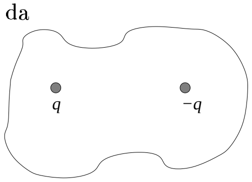
Noe av dette kan du få bruk for nedenfor: $1/4\pi\varepsilon_0 = 9 \cdot 10^9$ Nm^2/C^2, $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C, $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$ kg

a) På en lukket flate er det elektriske feltet $\boldsymbol{E}$ overalt rettet *innover*. Da kan vi fastslå at

A flatenormalen $\hat{n}$ over hele flaten er parallell med $\boldsymbol{E}$
B flatenormalen $\hat{n}$ over hele flaten er normal til $\boldsymbol{E}$
C flaten omslutter null netto ladning
D flaten omslutter en netto negativ ladning
E flaten omslutter en netto positiv ladning

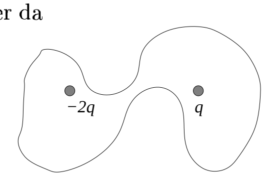
b) Figuren illustrerer en lukket flate som omslutter to punktladninger q og $-q$. Netto elektrisk fluks ut gjennom denne flaten er da

A null
B $-q/\varepsilon_0$
C q/ε_0
D $-2q/\varepsilon_0$
E $2q/\varepsilon_0$



c) Figuren illustrerer en lukket flate som omslutter to punktladninger $-2q$ og q. Netto elektrisk fluks ut gjennom denne flaten er da

A null
B $-q/\varepsilon_0$
C q/ε_0
D $-2q/\varepsilon_0$
E $2q/\varepsilon_0$



d) Hvor stor er radien til en (kuleformet) ekvipotensialflate på 50 V omkring en punktladn
10 nC? Null potensial velges uendelig langt unna.

A 1.3 m
B 1.8 m
C 3.2 m
D 5.0 m
E 8.1 m

e) Potensialet i et område er $V(x, y, z) = 100$ V. Det elektriske feltet i dette området er da

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

Kontroller selv: Stemningen på ∇–kjelleren var høy men begynte etterhvert å _ _ _ _ _ litt av.