Institutt for fysikk, NTNU
TFY4155/FY1003: Elektrisitet og magnetisme
Vår 2005

Sammendrag, uke 4 (25. og 26. januar)

Elektriske feltlinjer

[FGT 22.2; YF 21.6; TM 21.5; AF 21.6; LHL 19.6; DJG 2.2.1]

- gir en visuell framstilling av $\boldsymbol{E}$ i et område
- $\boldsymbol{E}$ ligger tangentielt til feltlinjene overalt
- styrken på $\boldsymbol{E}$ (dvs $|\boldsymbol{E}|$) er proporsjonal med tettheten av feltlinjer, dvs antall feltlinjer pr flateenhet

Konsekvenser av dette er bl.a. at

- feltlinjene går radielt *ut fra* positive (punkt-)ladninger og radielt *inn mot* negative ladninger
- like mange feltlinjer går ut fra ladning $+Q$ som inn mot $-Q$

Elektrisk dipol

[FGT 22.1; YF 21.7; TM 21.4; AF 21.11; LHL 19.10; DJG 2.2.1, 3.4.2]

Dersom vi har to ladninger q og $-q$ i en viss innbyrdes avstand, har vi en elektrisk dipol. Avstandsvektoren $\boldsymbol{d}$ fra den negative ladningen $-q$ til den positive ladningen q beskriver hvordan de to er lokalisert i forhold til hverandre.
Dipolens elektriske *dipolmoment* $\boldsymbol{p}$ defineres da slik:

$$\boldsymbol{p} = q\boldsymbol{d}$$

Dipolmomentet er altså en *vektor* som peker fra den negative mot den positive ladningen, med størrelse lik produktet av ladningen q og avstanden d.
Enhet for elektrisk dipolmoment: $[p] = [qd] = \mathrm{Cm}$.

Elektrisk potensial

[FGT 24.2; YF 23.2; TM 23.1; AF 21.9; LHL 19.9; DJG 2.3.1, 2.3.2, 2.4.1]

Vi har en *konservativ* kraft $\boldsymbol{F}$ dersom arbeidet $\int_A^B \boldsymbol{F} \cdot d\boldsymbol{l}$ er uavhengig av veien mellom startposisjonen A og sluttposisjonen B.
Eksempler på konservative krefter: Gravitasjonskraften mellom to masser. Den elektrostatiske kraften mellom to ladninger.
Eksempel på ikke-konservativ kraft: Friksjon.

Mer generelt har vi et *konservativt vektorfelt* $\boldsymbol{G}$ dersom *veiintegralet* $\int_A^B \boldsymbol{G} \cdot d\boldsymbol{l}$ er uavhengig av integrasjonsveien mellom A og B.

For et konservativt vektorfelt $\boldsymbol{G}$ gjelder:

$$\oint \boldsymbol{G} \cdot d\boldsymbol{l} = 0$$

der $\oint$ angir integral rundt *lukket kurve* i rommet.

For konservativ kraft $\boldsymbol{F}$ har vi en *potensiell energi* U slik at arbeidet utført av $\boldsymbol{F}$ på "systemet" (f.eks. ladningen som flyttes) ved en forflytning fra A til B tilsvarer *endringen* i systemets potensielle energi:

$$\Delta U = U_B - U_A = -\int_A^B \boldsymbol{F} \cdot d\boldsymbol{l}$$

[Fortegnssjekk: Forflytning av masse m oppover, dvs *mot* tyngdekraften $m\boldsymbol{g}$, gir økt potensiell energi og samtidig er $\boldsymbol{F} \cdot d\boldsymbol{l} < 0$, altså er fortegnet OK!]

På samme måte som at det var hensiktsmessig å innføre elektrisk felt $\boldsymbol{E} = \boldsymbol{F}/q =$ elektrisk kraft pr ladningsenhet, er det nå hensiktsmessig å innføre *elektrisk potensial* som *potensiell energi pr ladningsenhet*:

$$V = U/q$$

Enhet for elektrisk potensial: $[V] = [U/q] = \mathrm{J/C} \equiv \mathrm{V}$ (volt)

Sammenhengen mellom elektrisk potensial V og elektrisk felt $\boldsymbol{E}$
[FGT 24.2; YF 23.2; TM 23.1; AF 21.10; LHL 19.9; DJG 2.3.1]

En ladning q som påvirkes av en elektrostatisk kraft $\boldsymbol{F}$ har en forskjell i potensiell energi

$$\Delta U = U_B - U_A = -\int_A^B \boldsymbol{F} \cdot d\boldsymbol{l}$$

mellom punktene A og B. Da må den *elektriske potensialforskjellen* ΔV mellom punktene A og B være

$$\Delta V = V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q} = -\int_A^B \frac{\boldsymbol{F} \cdot d\boldsymbol{l}}{q} = -\int_A^B \boldsymbol{E} \cdot d\boldsymbol{l}$$

Alternativ enhet for elektrisk felt: $[E] = [V/l] = \mathrm{V/m}$

Merk deg at mens elektrisk felt er en *vektorstørrelse*, så er elektrisk potensial en *skalar størrelse*.

Merk: Bare *forskjeller* i elektrisk potensial (og potensiell energi) har fysisk betydning. Kan fritt velge nullpunkt for potensialet. Vanlig valg: $V(r \to \infty) = 0$. Dermed, for punkt P:

$$V_P = -\int_\infty^P \boldsymbol{E} \cdot d\boldsymbol{l}$$

(Vi kan ikke alltid velge $V(r \to \infty) = 0$. Det skal vi se eksempler på etterhvert.)