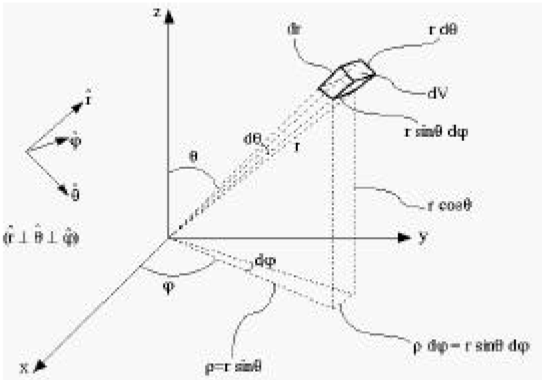
SIF4012 og MNFFY103 høst 2002: Sammendrag uke 35

(Alonso&Finn 21.9 – 21.11)

Kontinuerlige ladningsfordelinger:
På en lengdeskala som er stor i forhold til avstanden mellom enkeltladninger ser man en tilnærmet *kontinuerlig* ladningsfordeling. (Jfr. "enkeltmasser" (atomer) som erstattes av kontinuerlig massefordeling for makroskopiske objekter.)
Sum over enkeltladninger erstattes da av *integral* over ladningsfordeling:

$$\sum_i \Delta q_i \xrightarrow[\Delta q_i \to 0]{} \int dq$$



Tre dimensjoner (3D): romladning

$dq = rdV$

$r = r(\vec{r}) =$ romladningstetthet = ladning pr volumenhet

$[r] = [q/V] =$ C/m^3

dV = volumelement	$= dxdydz$	(kartesiske koordinater)
	$= r^2 \sin qdqdj dr$	(kulekoordinater, se figur)
	$= dj\, r dr dz$	(sylinderkoordinater)

2D: flateladning

$dq = sdA$

$s = s(x, y) =$ flateladningstetthet = ladning pr flateenhet

$[s] = [q/A] =$ C/m^2

dA = arealelement	$= dxdy$	(kartesiske koordinater)
	$= rdrdq$	(polarkoordinater)

1D: linjeladning

$dq = ldl$

$l = l(x) =$ linjeladningstetthet = ladning pr lengdeenhet

$[l] = [q/L] =$ C/m

dl = linjeelement = dx

Elektrisk felt fra kontinuerlig ladningsfordeling:

$$\vec{E} = \frac{1}{4pe_0}\int \frac{dq}{r^2}\hat{r}$$

Elektrisk potensial = (elektrisk) potensiell energi U pr ladningsenhet: $V = \dfrac{U}{q}$

Enhet for elektrisk potensial: $[V] = [U/q] =$ J/C ≡ V (volt)

Hensiktsmessig energienhet:
1 elektronvolt = 1eV = e · 1V = $1.6\cdot10^{-19}$ C·V = $1.6\cdot10^{-19}$ J
= endringen i potensiell energi for en elementærladning som flyttes mellom to punkter med en potensialdifferanse på 1 volt

Endring i et systems potensielle energi = arbeidet utført på systemet:
$dU = -dW = -\vec{F}\cdot d\vec{s}$ (arbeid = kraft ganger vei)

Forskjell i potensiell energi mellom to punkter A og B:

$$\Delta U = U_B - U_A = -\int_A^B \vec{F}\cdot d\vec{s}$$ (linjeintegral, veiintegral)

Elektrisk potensialforskjell mellom to punkter A og B:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = -\int_A^B \frac{\vec{F}\cdot d\vec{s}}{q} = -\int_A^B \vec{E}\cdot d\vec{s}$$

Elektrostatisk kraft er *konservativ*. Da er ΔU og ΔV uavhengige av integrasjonsveien mellom punktene A og B.
Kan velge nullpunkt for potensiell energi og elektrisk potensial som vi ønsker; kun *potensialforskjeller* har fysisk betydning. (Jfr potensiell energi i tyngdefeltet)
Vanlig valg: V(r→∞) = 0

Elektrisk potensial fra punktladning:

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$$ (Coulombpotensialet)

Elektrisk potensial fra kontinuerlig ladningsfordeling:

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int\frac{dq}{r} \quad \text{med} \quad dq = \begin{cases} \rho(x,y,z)dV & (3D) \\ \sigma(x,y)dA & (2D) \\ \lambda(x)dx & (1D) \end{cases}$$

Potensiell energi mellom punktladninger:

- mellom to punktladninger: $U_{12} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}}$
- mellom flere punktladninger: $U = \frac{1}{2}\sum_{i\neq j} U_{ij}$ (faktor ½ hindrer dobbelttelling)

Ekvipotensialflater = flater i rommet med konstant potensial.
$\Delta V = -\int \vec{E}\cdot d\vec{s} = 0$ for *vilkårlig* integrasjonsvei på ekvipotensialflate
Dermed: $\vec{E} \perp$ ekvipotensialflate