21. Rafstöðufræði

Efniseindir hafa eiginleika:

massa: m uppspretta þyngdarkrafta

hleðslu: Q uppspretta rafkrafta

spuna:

⋮

Rafeindir, róteindir, nifteindir.....

...... atóm, jónir, sameindir.......

Rafeindapar styrkur krafta

↳ Rafkraftur $\sim 4 \cdot 10^{42}$ * þyngdarkr.

$\boxed{m > 0}$ en jákvæðar og neikvæðar rafhleðslur

Skýring rafhleðslna !

{ Skýring á mikilvægi kraftanna á minnkandi lengdarstölum }

Rafkraftar ráðandi allt í kringum okkur

- atóm
- sameindir
- efni
- lífverur

} 12 stærðargráður

SI-eining hleðslu coulomb (C)

mjög stór eining

hleðsla rafeindar $q_e = -e$

$e = 1.602 \cdot 10^{-19}\,C$

hleðsla róteindar $q_p = +e$

Allar rafeindir, allar rafeindir hafa sama massa, og sömu hleðslu

↳ **e : einingarhleðsla**

síðar

- Öreindafræði

  róteind, Nifteind → Kvarkar með $\pm \frac{1}{3}e$, $\pm \frac{2}{3}e$

  Mælast aldrei einangraðir

- Eðlisfræði þéttefnis

1997

Kerfi í jafnvægi	Örvanir
Rafeindir í kristalli hálfleiðara	Sýndareindir með $q = \pm \frac{1}{3}e, \pm \frac{2}{3}e$
vatn í lygnum polli	Gárur

hreyfanleiki ytri rafeinda í atómum

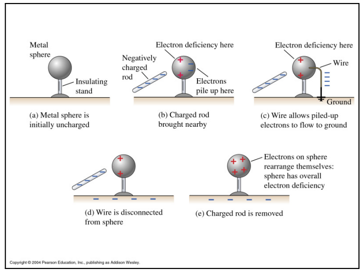
efni

- **Leiðarar**: Málmar, 10^{-12} s
- **Hálfleiðarar**: Si, Ge, GaAs, ...
- **Einangrarar**: Demantur, Gler, plast, $2\,s - 10^{10}\,s$

- **Slökunartími** (Rafstöðufræði)

  Tíminn sem rafeindadreifing þarf til þess að ná jafnvægi

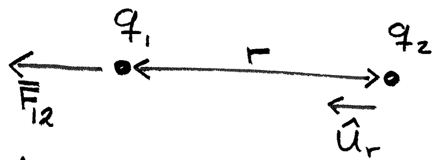
$\boxed{\text{Hleðsla er stranglega varðveitt í lokuðu kerfi}}$



Lögmál Coulombs

Rafstöðukrafturinn á milli tveggja punkthleðslna q_1 og q_2 er

$$\bar{F}_{12} = k_e \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{u}_r$$



q_2 verkar á q_1 með $\bar{F}_{12}$

Í SI er $k_e = 8{,}98755 \cdot 10^9 \frac{N m^2}{C^2}$

Venja er að skilgreina

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \equiv k_e$$

rafsvörunarstuðull

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

Samreynt mður í $r \sim 10^{-15}$ m

$\Delta n \sim \pm 10^{-16}$

{ Ljóseindir eru massalausar }

Samlagningarlögmál

Kraftur vegna einnar hleðslu er óháður öðrum hleðslum

Rafsegulfræði hleðslna í tómarúmi — þetta námskeið

í efni, skautun, ólínuleg, ...

skammtilegri, flóknari

| Klassísk rafsegulfr. í efni | $\sim$ | Skömmtuð rafsegulfr. í tómarúmi |

Rafsvið — Vigursvið

Heppilegast að skilgreina svið

Rafsvið $\bar{E}$ hleðslu Q er fundið með tilraunahleðslu q_t þ.a.

$$\bar{E} = \lim_{q_t \to 0} \frac{\bar{F}_E}{q_t}$$

jákvæð

og

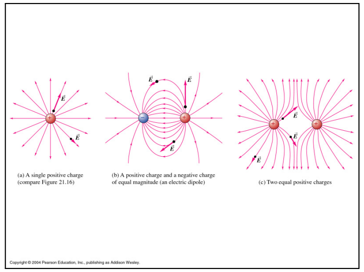
$$\bar{F}_E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q q_t}{r^2} \hat{u}_r, \quad \left(\hat{u}_r = \frac{\bar{r}}{r}\right)$$

tilraunahleðslan þarf að vera nógu smá til þess að trufla ekki sviðið frá Q

Kraftur á hleðslu q í sviði $\bar{E}$ er

$$\bar{F} = q\bar{E}$$

{ bera saman við þyngdarsvið $\bar{F} = m\bar{g}$ }



Sviðslínur

Til hjálpar eru teiknaðar sviðslínur

* frá ⊕-hleðslum til ⊖-hleðslna
  samsíða krafti í hverjum punkti
* fjöldi lína í réttu hlutf. við Q
* sviðsstyrkur ~ þéttleika lína

Athuga dæmi sem myndir

Leiðarar <-> (frjálsar rafeindir)

Í jafnvægi er stórsæja rafsviðið inni í einsleitum leiðara núll

engir straumar (jafnvel sítaðir!)

smásæja sviðið er ekki hverfandi

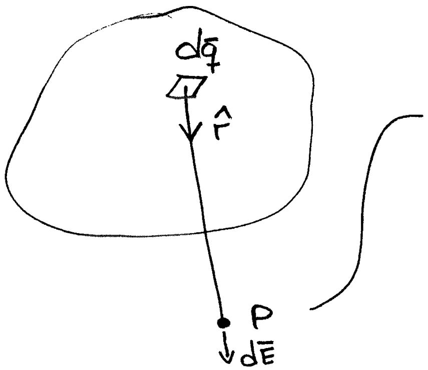
$$\boxed{\text{Í jafnvægi er rafsviðið utan leiðara hornrétt á yfirborð hans}}$$

$$\{\bar{F} = q\bar{E}\}$$

Samfelld hleðsludreifing

Sjáum síðar að þá er best að nota rafstöðumætti til þess að reikna rafsviðið.

En athugum



í $\bar{P}$

$$\boxed{d\bar{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{dq}{r^2}\hat{r}}$$

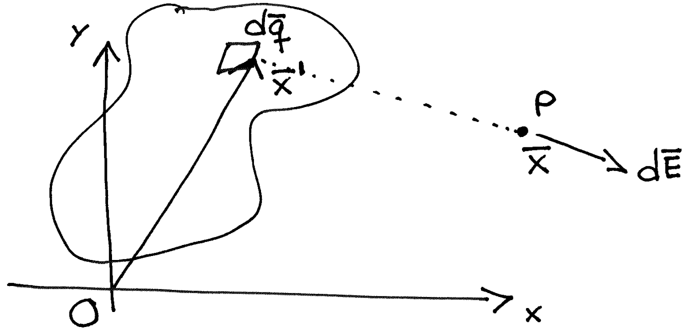
$$\downarrow$$

$$\bar{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\underbrace{\int}_{\text{hleðslu-dreif}}\frac{dq}{r^2}\hat{r}$$

í lagi fyrir einstakan punkt P
þarf að lagfæra
fyrir almennan punkt.

Athugasemd (ekki til prófs)

Hleðsludreifing $\rho(\bar{x})$ hleðsluþéttleiki



$$dq \rightsquigarrow \rho(\bar{x}')d^3x'$$

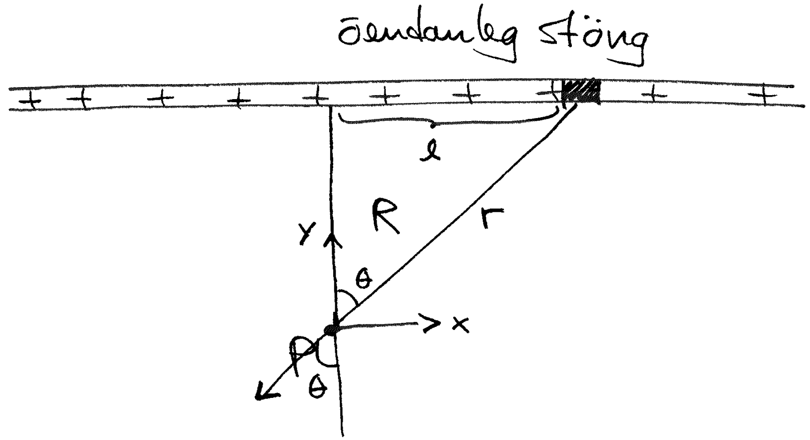
fyrir almennan punkt $\bar{x}$ gildir að rafsviðið í honum er

$$\boxed{\bar{E}(\bar{x}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \rho(\bar{x}')\frac{\bar{x}-\bar{x}'}{|\bar{x}-\bar{x}'|^3}d^3x'}$$

samanborið við bók

$$\bar{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int\frac{dq}{r^2}\hat{r}$$

dæmi



línuhleðsla $\lambda \ \frac{c}{m}$

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{dq}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{\lambda dl}{r^2} = |dE|$$

$$\cos\theta \cdot r = R \rightarrow r = \frac{R}{\cos\theta}$$

$$\sin\theta \cdot r = l \rightarrow l = R\tan\theta$$

$$dl = (R/\cos^2\theta)\,d\theta$$

$\frac{1}{r^2}$

$$\rightarrow dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\lambda\frac{R\,d\theta}{\cos^2\theta}\frac{\cos^2\theta}{R^2}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{\lambda\,d\theta}{R}$$

fyrir hvert dl er til dl í fjarlægð −l sem styttir út x-þátt sviðsins

notum því

$$dE_y = dE\cos\theta$$

$$\rightarrow E_y = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{\lambda}{R}\int_{-\pi/2}^{\pi/2}\cos\theta\,d\theta$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{\lambda}{R}\left\{\sin\theta\right\}\Big|_{-\pi/2}^{\pi/2}$$

$$\boxed{E_y = \frac{2\lambda}{4\pi\epsilon_0 R}}, \quad E_x = 0$$

Samhverfa stangarinnar krefst þess

annars væri einhver punktur hennar sérstakur