



FY1003

Elektrisitet og magnetisme

Fagoversyn:

- Elektrostatikk, inkl. elektrisk strøm
- Magnetostatikk
- Elektrodynamikk

El.mag. er grunnlag for:

- Kretselementer (motstand, kondensator, spole, diode, transistor)
- Kretsteknikk
- Elkraftforsyning: Generatorer og overføring
- Elek. motorer
- Elek. apparater / elektronikk / datamaskiner
- El.magn. stråling, eks. lys-, radio- og μ bølger
- Telekommunikasjon
- Magnetisk materiale
- Atomet. Kjemiske bindinger
- Ulike atmosfæriske forhold
- m.m.m.

***Fire fundamentale krefter i naturen:
(sortert ut lengde etter Newton):***

1. **Gravitasjonskraft** – tiltrekning mellom masser
2. **Elektromagnetisk kraft** – frastøtning/ tiltrekning mellom like/ulike elektriske ladninger
3. **Sterk kjernekraft** – kraft mellom subatomære partikler
4. **Svak kjernekraft** – kraft mellom subatomære partikler under spesielle radioaktive prosesser.

1. Gravitasjonskraft – dvs. tyngdekraft

2. Elektromagnetisk kraft:
 mg

kontaktkrefter/normalkrefter,
snorkraft,
overflatekrefter,
friksjon,
luftmotstand,
oppdrift.

mg

mg

Pensum

Pensumliste på emnets nettsider:

<http://home.phys.ntnu.no/brukdef/undervisning/tfy4155>

(lenke fra It's learning)

1. Forelesninger (95% dekket i Young & Freedman)
2. Ekstra notatark (utover læreboka).
3. Regneøvinger.
4. Laboratorieoppgaver.

13 regneøvinger (minst 8 må godkjennes)

- Veiledning i grupperom i Realfagbygget.
 - Innlevering i bokser utenfor Aud-R4.
 - Løsningsforslag (ingen gjennomgåing).
 - Godkjenningslister på nettet.
-
- Nettside:
 - home.phys.ntnu.no/brukdef/undervisning/tfy4155/ovinger

Laboratoriekurs (obligatorisk):

- Følg med på labens nettsider:

home.phys.ntnu.no/brukdef/undervisning/tfy4155_lab

- Første grupper starter man 30. jan
- 5 økter, alle ferdig før påske.
- Påmelding fra man 16.jan kl. 12:00 til søn 22. jan.
web.phys.ntnu.no/ovsys/lab/index.php?db=FY1003-lab-V2017
- Lab.hefte ligger som pdf på labens nettside.

Laboratoriekurs:

Program	Uke			5	6	7	8	9	10	11	12
	Gruppe	Dag	Klokke	30.01	06.02	13.02	20.02	27.02	06.03	13.03	20.03
BFY/Real	1	Mandag	14:15-18:00	1	2		3	4	5		
FYMA	2	Tirsdag	16:15-20:00	1	2		3	4	5		
FYMA	3	Onsdag	14:15-18:00	1	2		3	4	5		
FYMA	4	Torsdag	14:15-18:00	1	2		3	4	5		
BFY/Real	5	Fredag	12:15-16:00	1	2		3	4	5		
BFY/Real	6	Mandag	14:15-18:00		1	2		3	4	5	
FYMA	7	Tirsdag	16:15-20:00		1	2		3	4	5	
FYMA	8	Onsdag	14:15-18:00		1	2		3	4	5	
FYMA	9	Torsdag	14:15-18:00		1	2		3	4	5	
BFY/Real	10	Fredag	12:15-16:00		1	2		3	4	5	
BFY/Real	11	Mandag	14:15-18:00			1	2		3	4	5
FYMA	12	Tirsdag	16:15-20:00			1	2		3	4	5
FYMA	13	Onsdag	14:15-18:00			1	2		3	4	5
FYMA	14	Torsdag	14:15-18:00			1	2		3	4	5
BFY/Real	15	Fredag	12:15-16:00			1	2		3	4	5

1: Elektrostatisk kraft

2: Statisk magnetfelt

3: Lorentzkraften

4: Kurvetilpasning

5: Kraft på strømførende leder

Fysikk

..er grunnlaget for all ingeniørvitenskap.

Elmag er fysikk

(Ampere, Coulomb, Faraday, Maxwell, Lorentz, Einstein.....)

.. og bruker matematikk som verktøy.

Bruk av matematikk:

- Vektorregning. Vektor: F eller \vec{F}
- Integrasjon
- Differensiallikninger (enkle)
- Nabla-operator $\vec{\nabla}$

- Kort repetisjon fra matematikken dersom behov.

Kap. 21-24: Elektrostatikk

Kap. 21

Elektrisk ladning og felt

Vi skal se på:

- Elektrisk ladning Q
- Coulombs lov
- Superposisjonsprinsippet
- Elektrisk felt E
- Elektrisk dipol
- Elektriske feltlinjer.

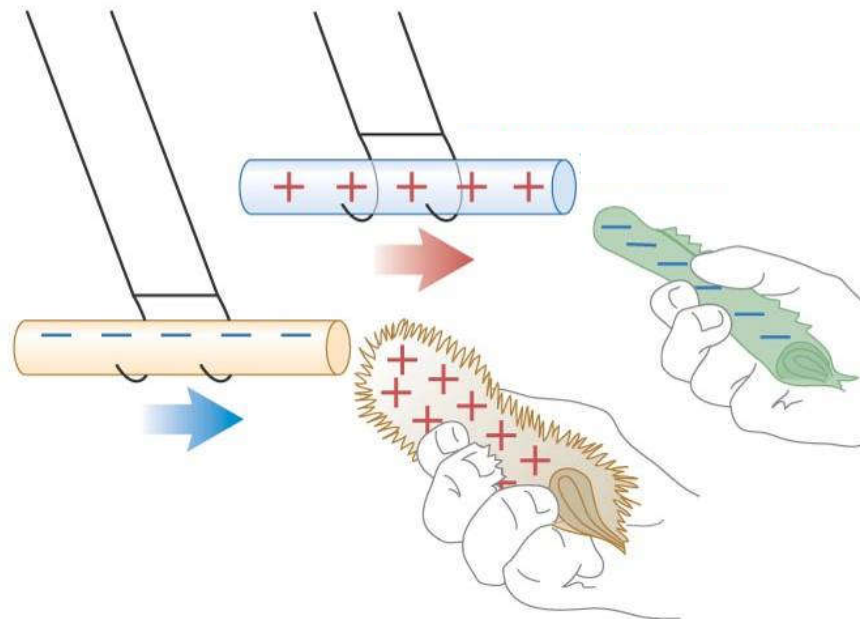
Elektrisk ladning

Observasjoner:

1. Gnidning skaper elektrisitet: 700 f.Kr.

gresk: $\text{ραν} = \eta\lambda\epsilon\kappa\tau\rho\nu$ (elektron)

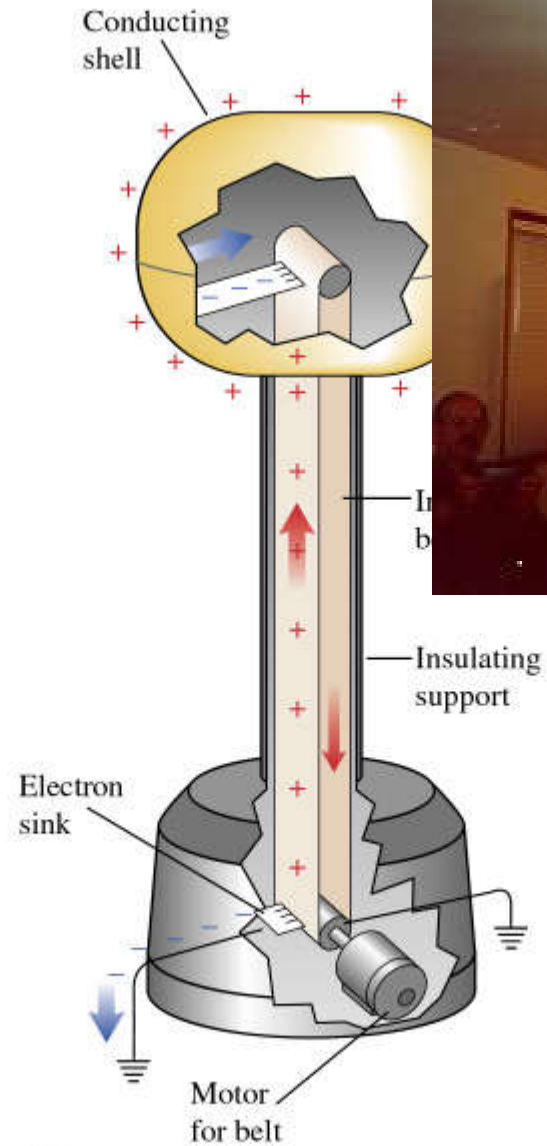
islandsk: elektrisitet = rafmagn



van de Graaff generator

Y&F fig 22.26

(mer seinere)



Elektrisk ladning

Observasjoner: forflytter ladninger

1. Gnidning ~~skaper elektrisitet~~: 700 f.Kr.

$\rho_{av} = \eta\lambda\epsilon\kappa\tau\rho\nu = \text{elektron}$

2. Elektrisk ladning = skalar (+ / -)

Benjamin Franklin 1700-tallet

3. Totalladning i isolert system konstant

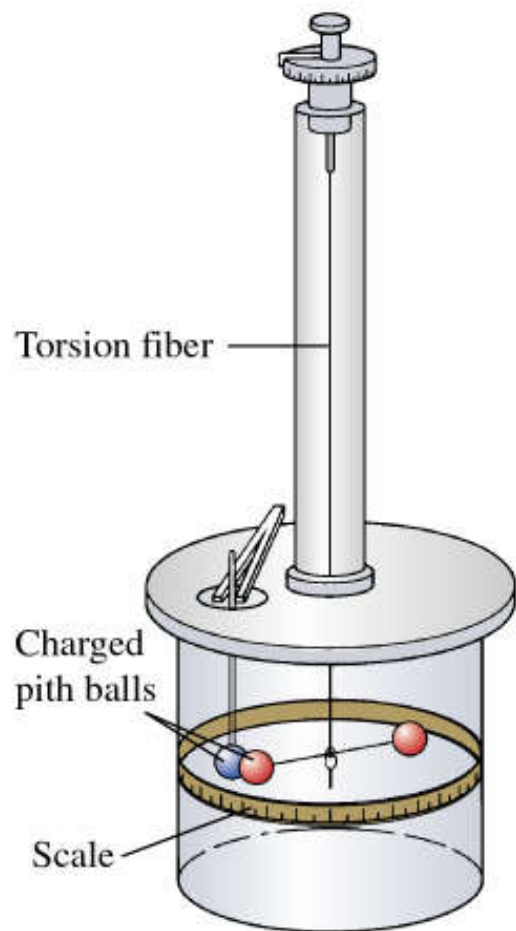
4. Ladning overføres/nøytraliseres ved kontakt eller gnist

5. Coulombs lov:

Uttrykk for kraft. 1785.

21.3 Coulombs lov

Fysikklab. nr 1

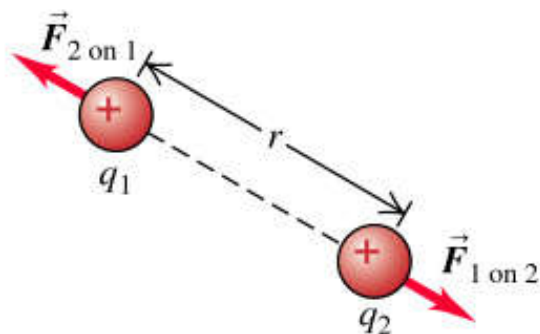


(a)
(Y&F Fig 21.10)

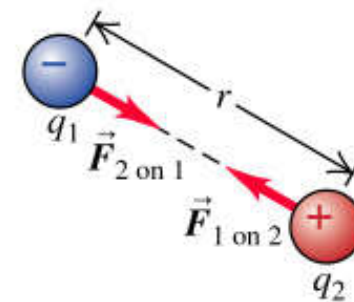
- a) $F \propto 1/r^2$
- b) $F \propto q_1 q_2$
- c) Tiltrekkende når $q_1 q_2 < 0$, frastøtende når $q_1 q_2 > 0$

+ -	- +	+ +	- -
-----	-----	-----	-----
- d) Virker langs forbindelseslinja -----

$$\Rightarrow \vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \hat{r}$$



(b)



(c)

Gravitasjon

- Newtons gravitasjon har samme likningsform som Coulombs lov:

- Coulomb: $\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \hat{r}$ $q_1 q_2 > 0$: frastøtende
 $q_1 q_2 < 0$: tiltrekkende

- Newton:

$$\vec{F} = G \frac{-m_1 m_2}{r^2} \cdot \hat{r}$$

$-m_1 m_2 < 0$:
alltid tiltrekkende

Coulombs lov i ulike enhetssystemer (i vakuum)

SI:
$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \hat{r} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \hat{r}$$

~~cgs (Gauss):
$$\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \hat{r}$$~~

~~HL (Heaviside-Lorenz):
$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi} \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \hat{r}$$~~

Vi bruker ikke disse

Oppgave:

Hvor stor er 1 coulomb ?

- Du og din kamerat/vennine holder hver ei kule med ladning +1,0 C. Dere beveger dere mot hverandre fra uendelig i et ellers elektrisk nøytralt rom.
- Hvor nærme kan dere komme hverandre?

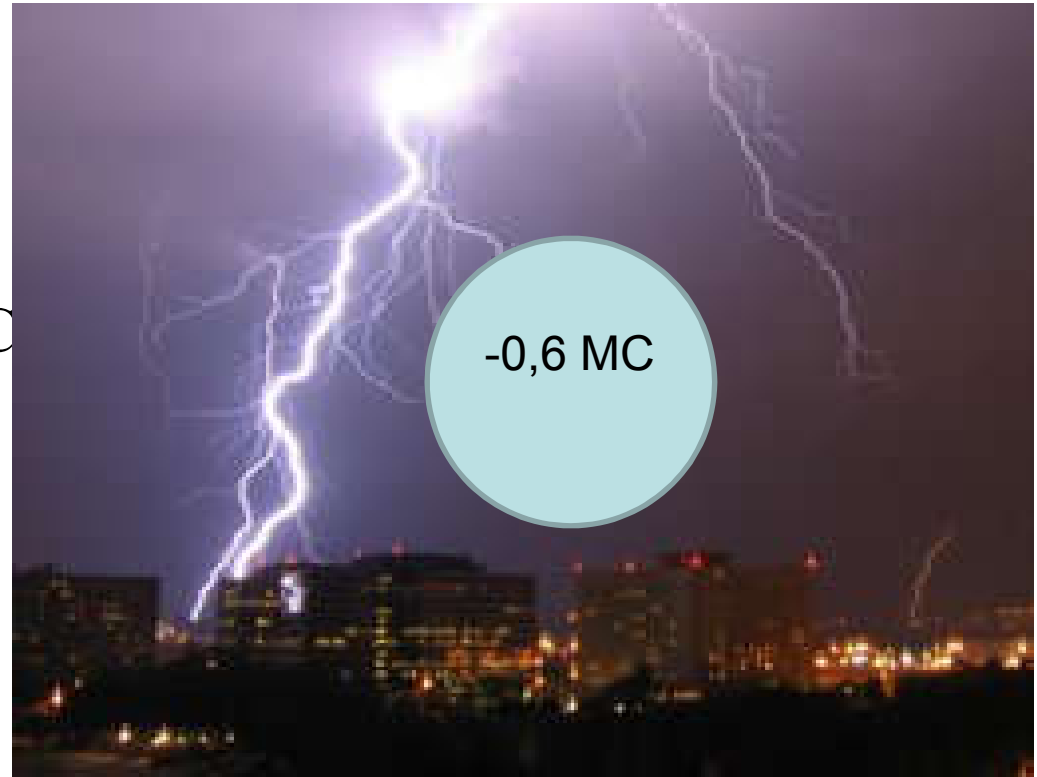
Anta dere greier å trykke med kraft $F = 500$ N hver.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad r = \sqrt{k \frac{q_1 q_2}{F}} = \sqrt{9,0 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2 \cdot \frac{1,0 \text{ C} \cdot 1,0 \text{ C}}{500 \text{ N}}}$$
$$= 4,24 \text{ km} = \underline{\underline{4,2 \text{ km}}}$$

r	F
4,2 km	0,50 kN
1 km	9 kN (ca 1 tonn)
10 m	90000 kN

Størrelser for frie ladninger

- ”Laboratorie” størrelser: μC og nC
- van der Waal-kula: $Q = 1,0 \mu\text{C}$ ved 100 kV
- Store ladninger:
 - Tordenskyer: $0,1 \text{ kC}$
 - Jordkloden: $-0,6 \text{ MC}$
 - Batterier: $\sim 1 \text{ Ah} = 1 \text{ C}$



Måltall og enheter

- $s = 3,0 \text{ m}$
- $s =$ fysisk størrelse
- $3,0 =$ måltall: $\{s\} = 3,0$
- $\text{m} =$ enhet (dimensjon): $[s] = \text{m}$

- OBS: Fysisk størrelse i *kursiv (italic)*,
enhet opprettet (roman)
(I skikkelig teknisk litteratur, vanskeligere i håndskrift.)
- Eksempler fra elmagen:
 - $q = 3,4 \text{ C}$
 - $I = 2,5 \text{ A}$
 - $V = 30 \text{ V}$ ($V =$ symbol for spenning, $\text{V} =$ volt) $[V] = \text{V}$
 - $C = 30 \text{ nF} = 30 \text{ nC/V}$
($C =$ symbol for kapasitans, $\text{C} =$ coulomb)

Dekadiske prefikser, mest vanlige:

$$10^{12} = \text{T} = \text{tera}$$

$$10^9 = \text{G} = \text{giga}$$

$$10^6 = \text{M} = \text{mega}$$

$$10^3 = \text{k} = \text{kilo}$$

$$10^0 = 1$$

$$10^{-3} = \text{m} = \text{milli}$$

$$10^{-6} = \mu = \text{mikro}$$

$$10^{-9} = \text{n} = \text{nano}$$

$$10^{-12} = \text{p} = \text{piko}$$

Flere i Angell og Lian

Elektrisk ladning

Observasjoner:

1. Gnidning skaper elektrisitet: 700 f.Kr.

raν = ηλεκτρον = elektron

2. Elektrisk ladning = skalar (+ / -)

Benjamin Franklin 1700-tallet

3. Totalladning i isolert system konstant

4. Ladning overføres ved kontakt eller gnist

5. 1785: Coulombs lov $\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \hat{r}$
Uttrykk for kraft

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$$

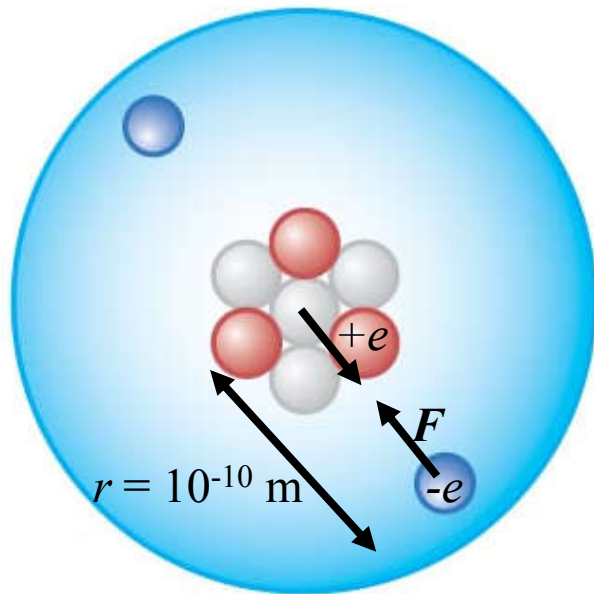
6. Elektriske ladninger er kvantiserte. Millikan 1909

$$1e = 0,1602 \cdot 10^{-18} \text{ C}$$

$$q = N e$$

$$N \text{ stort tall, eks: } 1 \mu\text{C} = 6,25 \cdot 10^{12} e$$

Kjerne og elektron:



Elektrisk kraft mellom kjerne og elektron:

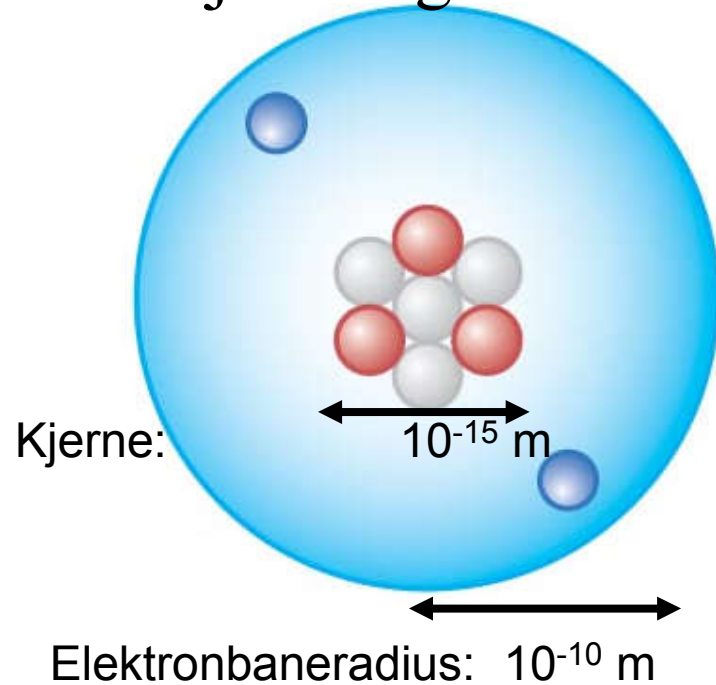
$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = k \frac{e \cdot e}{r^2} = 20 \text{ nN}$$

Dette er 10^{38} x gravitasjonstiltrekning og
 10^{20} ganger elektronets vekt ved 1g !

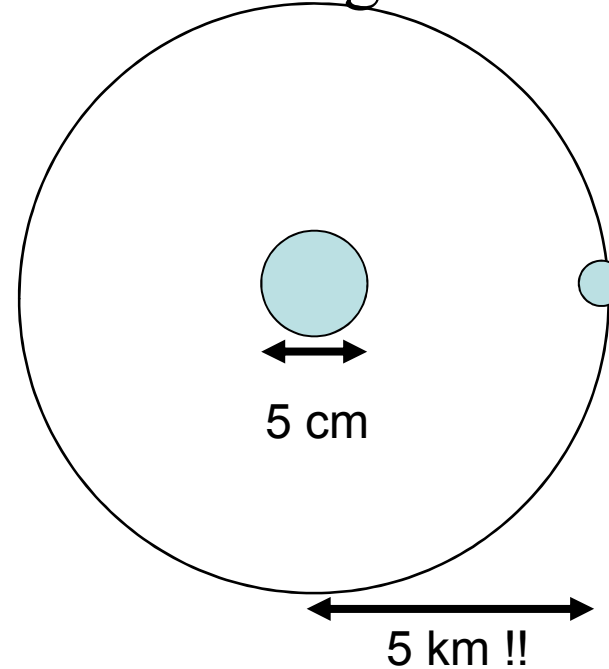
Stor kraft på elektronet!

Størrelsesforhold:

Kjerne og elektron:



Tennisball og "tennisbane":



Elektrisk kraft mellom kjerne og elektron:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = k \frac{e \cdot e}{r^2} = 20 \text{ nN}$$

Dette er 10^{20} ganger elektronets vekt!

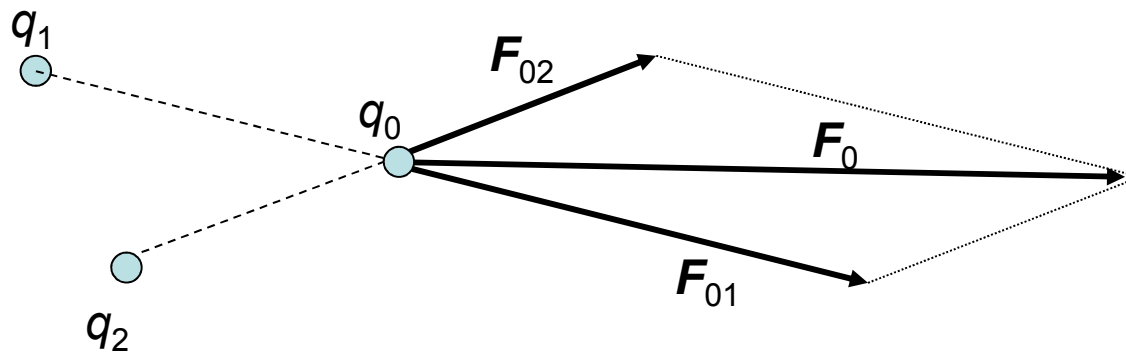
Samme ladning/vekt for tennisballen:

$$2 \cdot 10^{18} \text{ C} \Rightarrow F = 10^{20} \text{ N (tennisball } \times 10^{20})$$

$$(1 \text{ C} \Rightarrow F = 500 \text{ N})$$

Superposisjonsprinsippet

- Kraft fra flere ladninger kan summeres til totalkraft:
- $\mathbf{F}_0 = \mathbf{F}_{01} + \mathbf{F}_{02}$



Elektrisk ladning

Observasjoner:

1. Gnidning skaper elektrisitet: 700 f.Kr.

raν = ηλεκτρον = elektron

2. Elektrisk ladning = skalar (+ / -)

Benjamin Franklin 1700-tallet

3. Totalladning i isolert system konstant
4. Ladning overføres ved kontakt eller gnist

5. 1785: Coulombs lov $\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \hat{r}$

Uttrykk for kraft

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$$

6. Elektriske ladninger er kvantiserte. Millikan 1909
7. Superposisjonsprinsippet
8. **Maxwells likninger.** James Clerk Maxwell samlet **elektromagnetismen** i 1873.

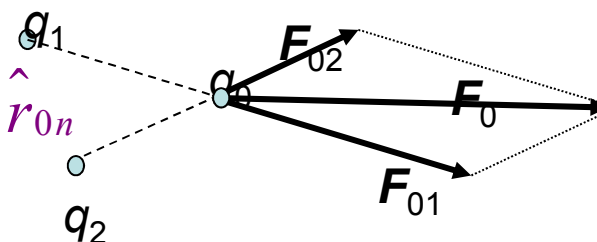
Kap. 21. Elektrisk ladning og felt

- Elektrisk ladning, q, Q . + eller - Enhet coulomb, C.

- Coulombs lov, punktladning: $\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \hat{r}$ (Coul) = (21.2)

- Superposisjonsprinsippet:

$$\vec{F}_0 = k q_0 \sum_n \frac{q_n}{r_{0n}^2} \hat{r}_{0n}$$



- Elektrisk felt $\mathbf{E} = \mathbf{F}/q_0$
- Eksempler
- Elektrisk dipol
- Superpos.prinsippet med uendelig

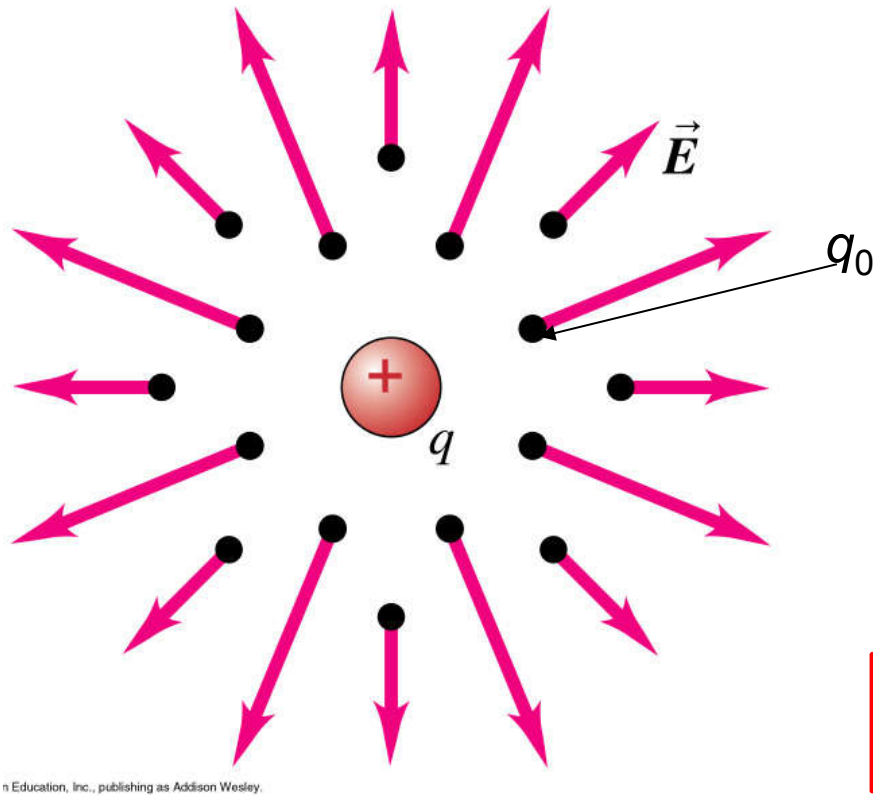
mange små ladninger dq :
(integrasjon):

$$\vec{F}_0 = k q_0 \int_{tot.ladn.} \frac{dq}{r^2} \cdot \hat{r}$$

I dag

- Feltlinjer

Et ladet legeme lager et elektrisk felt i alle punkter i rommet!



Def. elektrisk vektorfelt \mathbf{E} :

$$\mathbf{F} = q_0 \mathbf{E}(x, y, z)$$

$$\begin{aligned} \vec{E}(x, y, z) &= E_x \hat{i} + E_y \hat{j} + E_z \hat{k} \\ &= [E_x(x, y, z), E_y(x, y, z), E_z(x, y, z)] \end{aligned}$$

Kartesiske enhetsvektorer:

$$\hat{i}, \hat{j}, \hat{k} \text{ eller } \hat{x}, \hat{y}, \hat{z} \text{ eller } \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z$$

Rundt punktladning: $\vec{E} = k \frac{q}{r^2} \cdot \hat{r}$ (21.7) = (Coul)

=> \mathbf{E} UT fra pos. ladning og INN mot neg. ladning.

Hvor stort felt rundt 1 coulombs kule?

Oppgave:

Hvor stor er 1 coulomb ?

- Du og din kamerat/venninn holder hver ei kule med ladning +1,0 C. Dere beveger dere mot hverandre fra uendelig i et ellers elektrisk nøytralt rom
- a) Hvor nærme kan dere komme hverandre?
Anta dere kan trykke med $F = 500$ N hver.
- b) Hvor stort er det elektriske feltet i avstand 4,2 km?

Enklest fra definisjon:

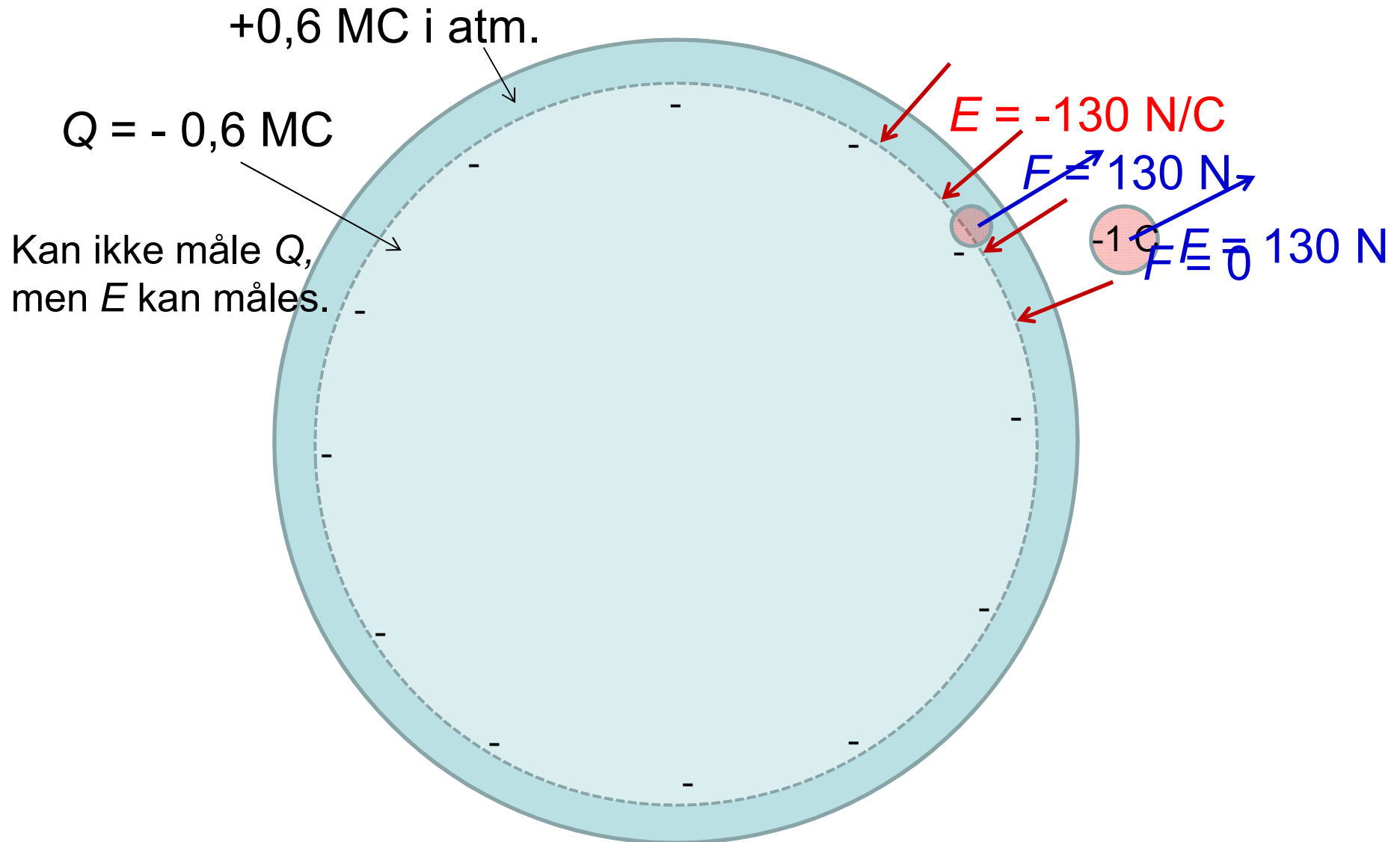
$$E = F / q = 500 \text{ N} / 1 \text{ C} = 500 \text{ N/C}$$

Fra formel (21.7):

$$E = k q / r^2 = 9,0 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \cdot 1,0 \text{ C} / (4,24 \text{ km})^2 = 500 \text{ N/C}$$

← Overslag ved $E = 3,0 \text{ MN/C} = 30 \text{ kV/cm}$

E -felt rundt jordkloden (Y&F Ex. 22.13)



Kap. 21. Elektrisk ladning og felt

- Elektrisk ladning, q, Q . + eller - Enhet coulomb, C.

- Coulombs lov - punktladning: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = k \frac{q}{r^2} \cdot \hat{r}$ (Coul) = (21.7)

- Superposisjonsprinsippet:

$$\vec{E} = k \sum_n \frac{q_n}{r_{0n}^2} \hat{r}_{0n} \quad (21.7B)$$

uendelig mange små ladninger dq :

$$\vec{E} = k \int_{\text{tot.ladn.}} \frac{dq}{r^2} \cdot \hat{r} \quad (21.7C)$$

Eksempler:

- 1) $+q$ $+q$
- 2) $-q$ $+q$ (dipol)
- 3) Linjeladning
- 4) Tynn ring
- 5) Flateladninger

Sum: (21.7B)

Integrasjon: (21.7C)

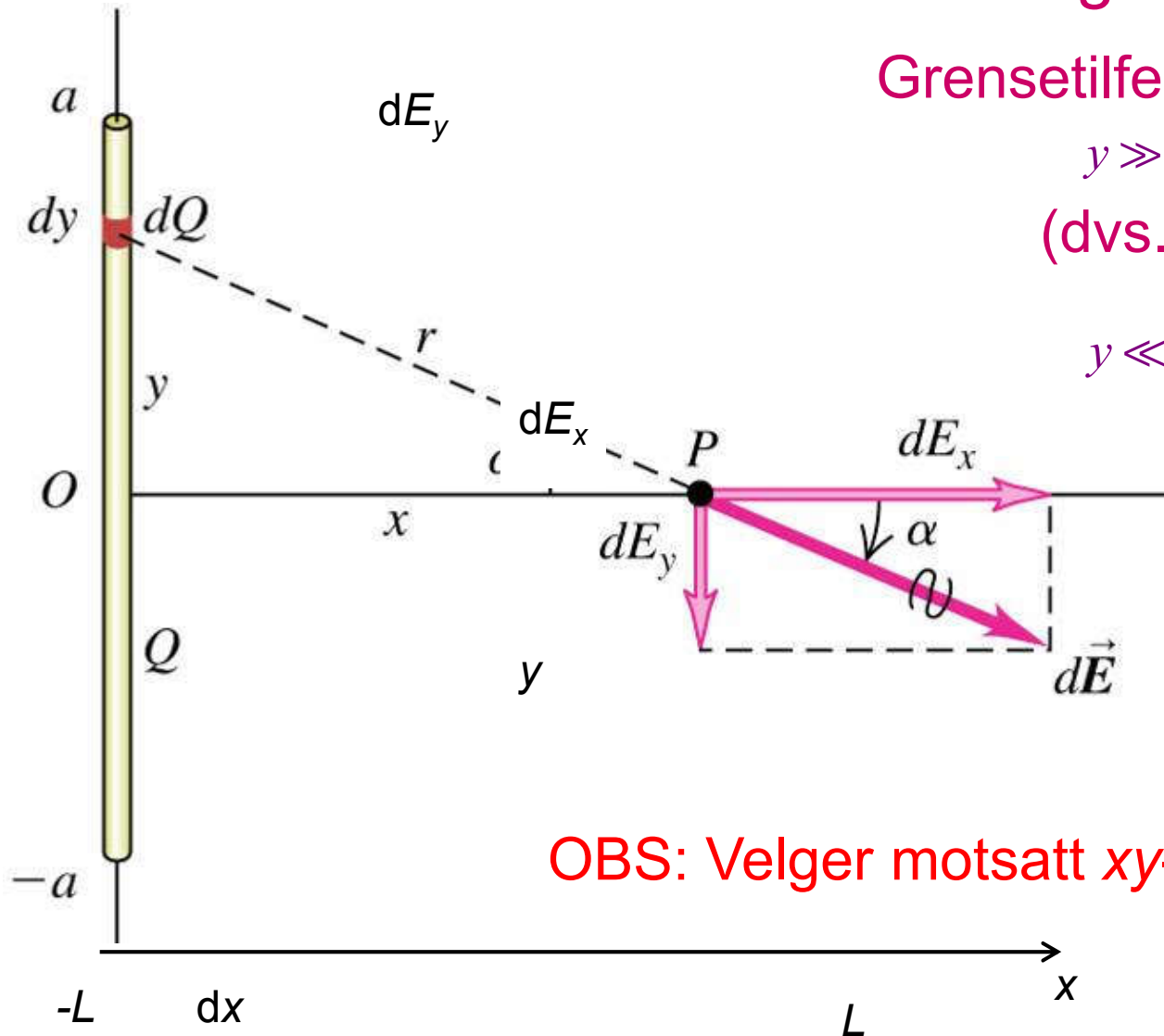
Eks. 3 Linjeladning. = Y&F, Ex. 21.10 (mer i Øving 2)

Løsning: $E_y = k \frac{\lambda}{y} \frac{2L}{\sqrt{L^2 + y^2}}$

Grensetilfeller:

$y \gg L \Rightarrow E_y = k \frac{2L\lambda}{y^2} = k \frac{Q}{y^2}$
(dvs. staven som et punkt)

$y \ll L \Rightarrow E_y = k \frac{2\lambda}{y}$
(nærme)



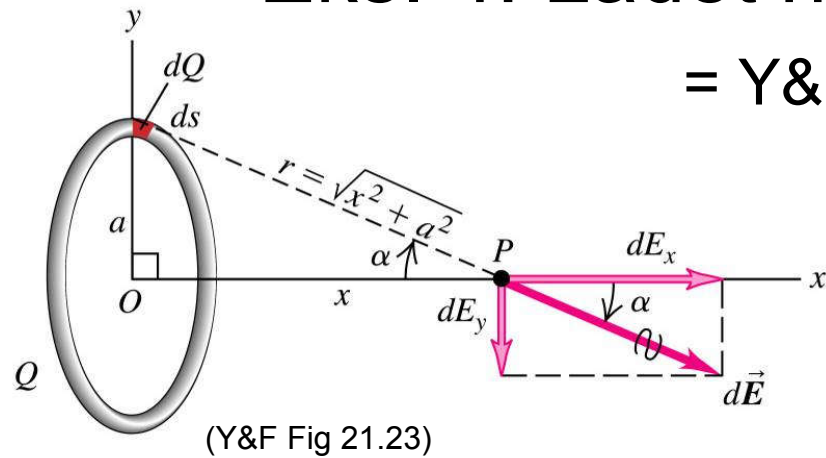
OBS: Velger motsatt xy-aksesystem av Y&F

Integrasjonsmetoder i fysikken:

1. Infinitesimale størrelser (dq) brukes i formler som gjelder punkter.
 - Utnytt symmetri
2. Setter sammen med sup.pos.prinsippet, der $\sum \rightarrow \int$
3. Vanlige integrasjonsregler og derivasjonsregler, f.eks. substitusjon.

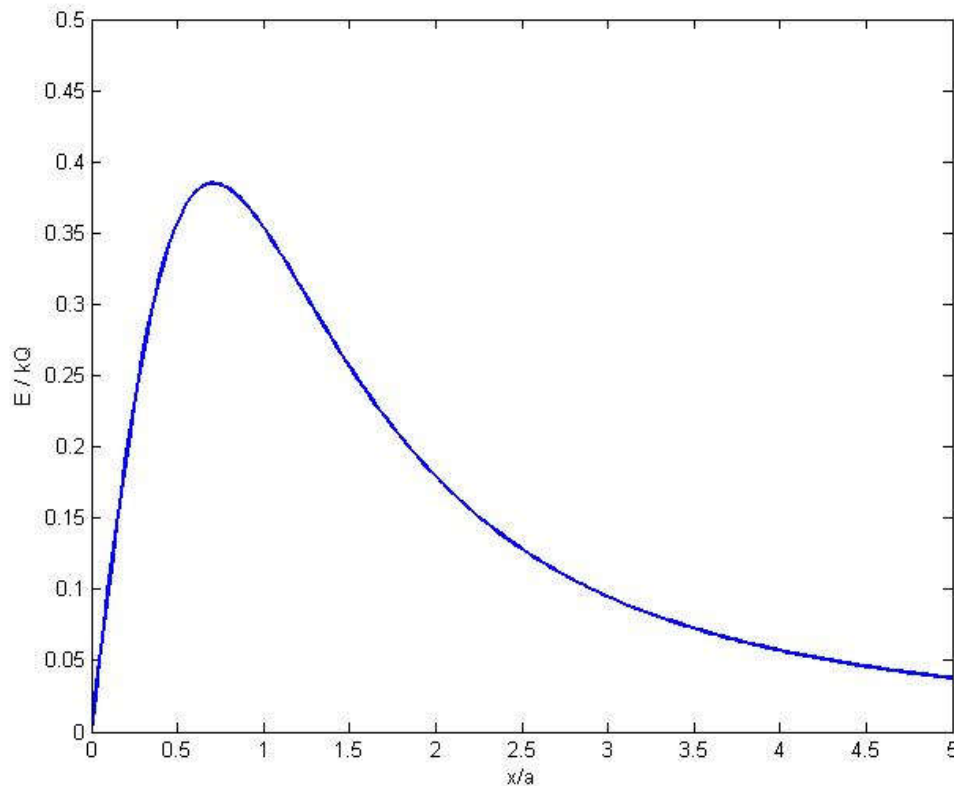
Eks. 4: Ladet ring, midtnormalen.

= Y&F: Ex. 21.9



(Y&F Fig 21.23)

$$E_x = k Q x / r^3 \quad (21.8)$$
$$r^2 = x^2 + a^2$$



Grensetilfeller:

$$x \gg a \Rightarrow r \approx x$$

$$\Rightarrow E_x = k Q / r^2$$

(ringen \approx punkt)

$$x \ll a \Rightarrow r \approx a$$

$$\Rightarrow E_x = k Q x / a^3$$

Eks. 5: Ladet sirkulær plate, midtnormalen.

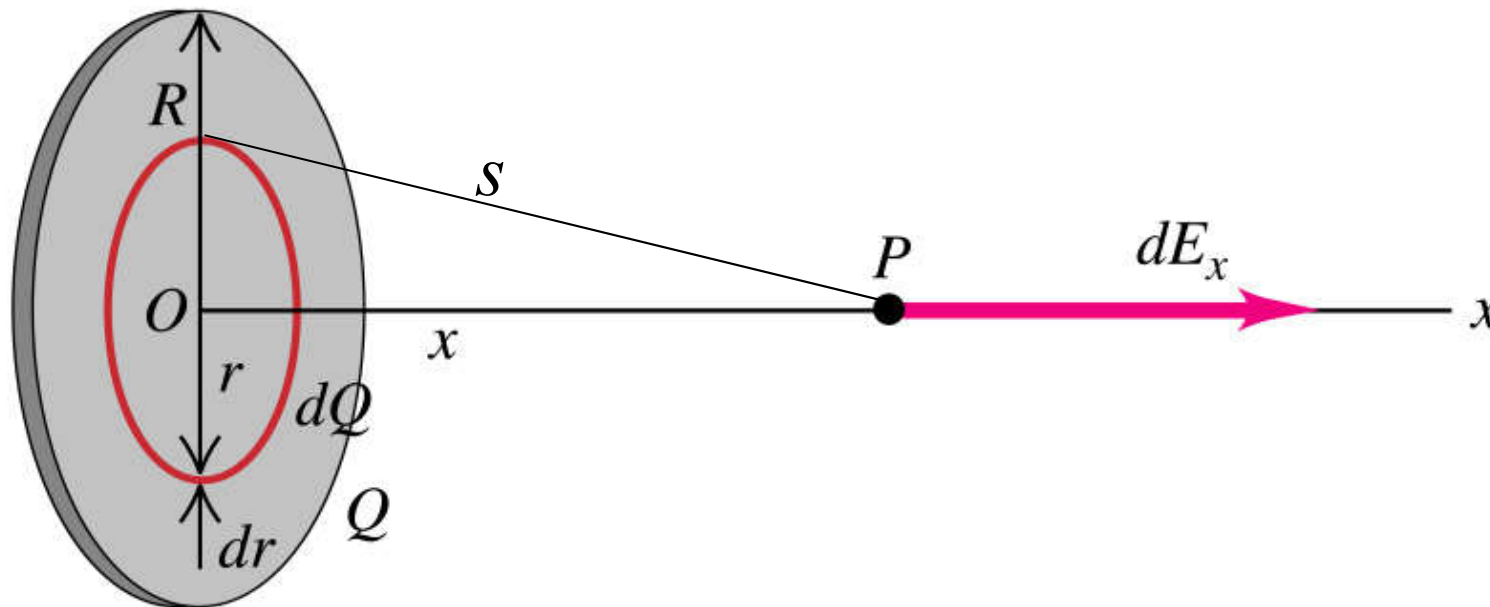
= Y&F: Ex. 21.11

= sum av mange tynne ringer = $\int dE_x$, med dE_x fra forrige eksempel

$$E_x = k Q x / r^3$$
$$\rightarrow dE_x = k dQ x / s^3$$

$$\text{Løsning: } E_x = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + (R/x)^2}} \right) \quad (21.11)$$

med $\sigma = Q/\pi R^2$



Viktig approksimasjon:

$$(1+x)^n \approx 1+nx \quad \text{når } x \ll 1$$

(Taylorrekke). Matematikk.

Eksempler:

$$(1+x)^2 \approx 1+2x$$

$$(1+x)^3 \approx 1+3x$$

$$(1+x)^{-1} \approx 1-x$$

$$\sqrt{1+x} = (1+x)^{1/2} \approx 1 + \frac{1}{2}x$$

0.orden 1.orden 2.orden

eksakt: $1+2x+x^2$

eksakt: $1+3x+3x^2+x^3$

eksakt: $1-x+x^2-x^3+x^4-\dots$

eksakt: $1+\frac{1}{2}x-\frac{1}{8}x^2-\frac{1}{16}x^3+\dots$

$$(1+1/x)^{-1} \approx 1-1/x \quad \text{når } x \gg 1$$

$$(1+(R/x)^2)^{-1/2} \approx 1-\frac{1}{2}(R/x)^2 \quad \text{for } x \gg R, \text{ dvs. } R/x \ll 1$$

Se evt. Støvnengs notat om rekkeutvikling:

web.phys.ntnu.no/~stovng/TFY4155_2009/rekkeutvikling.pdf

Mange rekker i Rottmann.

Eks. 5: Ladet sirkulær plate, midtnormalen. = Y&F: Ex. 21.11

$$E_x = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + (R/x)^2}} \right)$$

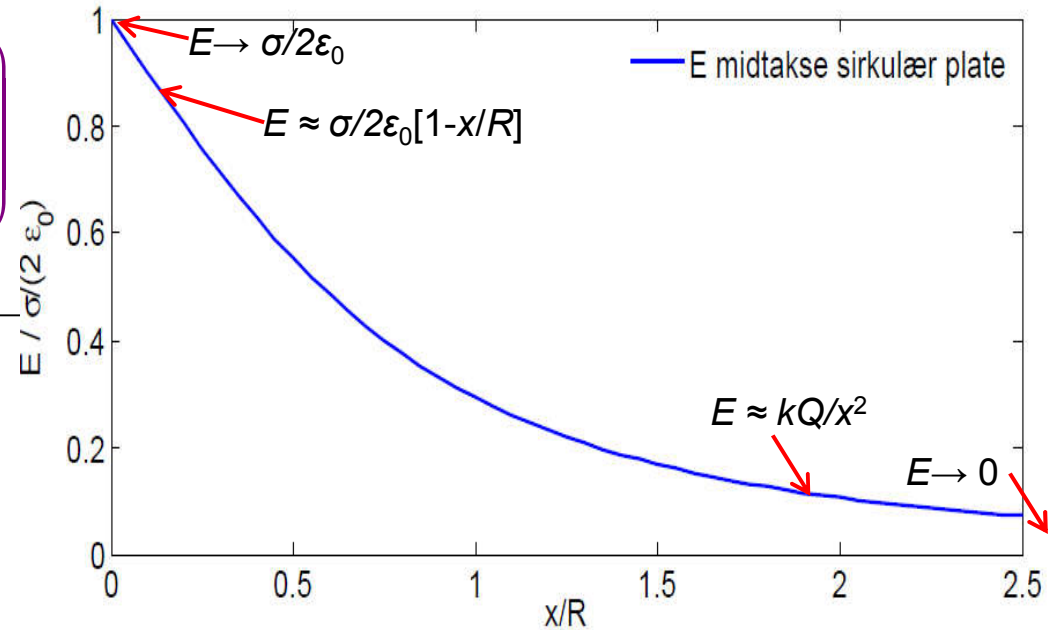
Grensetilfeller:

$$x \gg R$$

=> skiva \approx punkt

$$x \ll R$$

$$\Rightarrow E_x \approx \sigma/2\epsilon_0 (1-x/R) \approx \sigma/2\epsilon_0$$



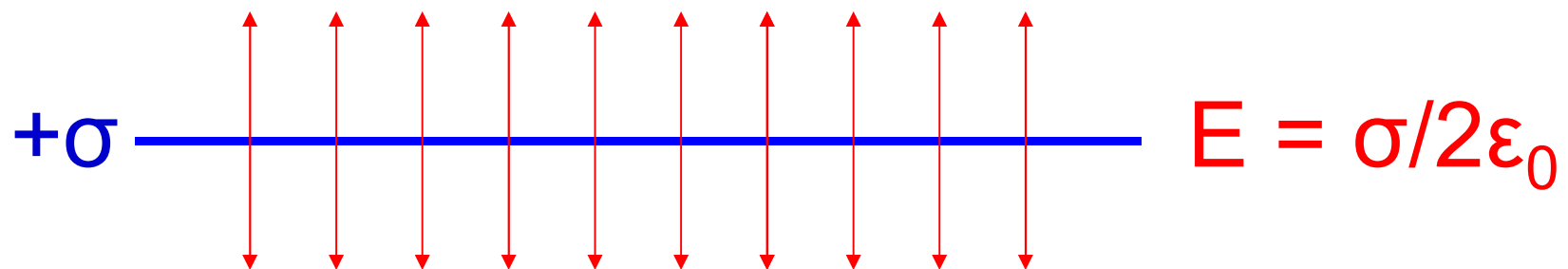
Langt unna: $x \gg R$, dvs. $R/x \ll 1$:

$$(1 + (R/x)^2)^{-1/2} \approx 1 - \frac{1}{2} (R/x)^2$$

Nærme: $x \ll R$, dvs. $x/R \ll 1$:

$$(1 + (R/x)^2)^{-1/2} = x/R (1 + (x/R)^2)^{-1/2} \approx x/R (1 - \frac{1}{2} (x/R)^2) \approx x/R$$

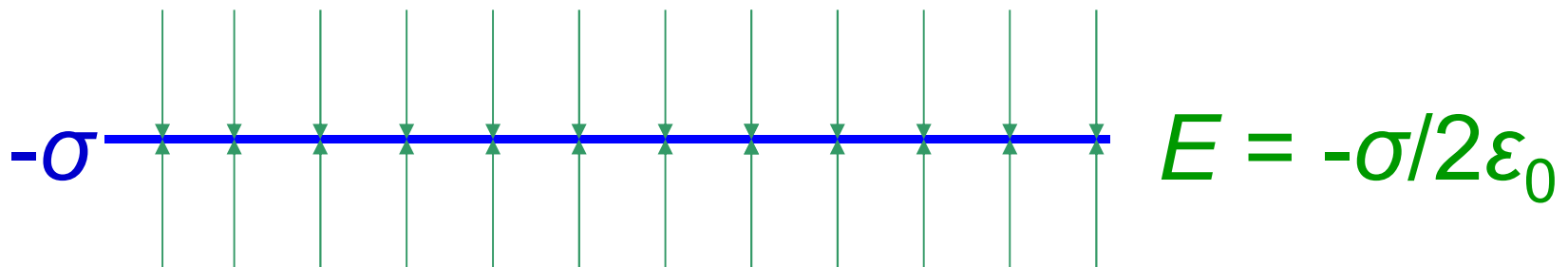
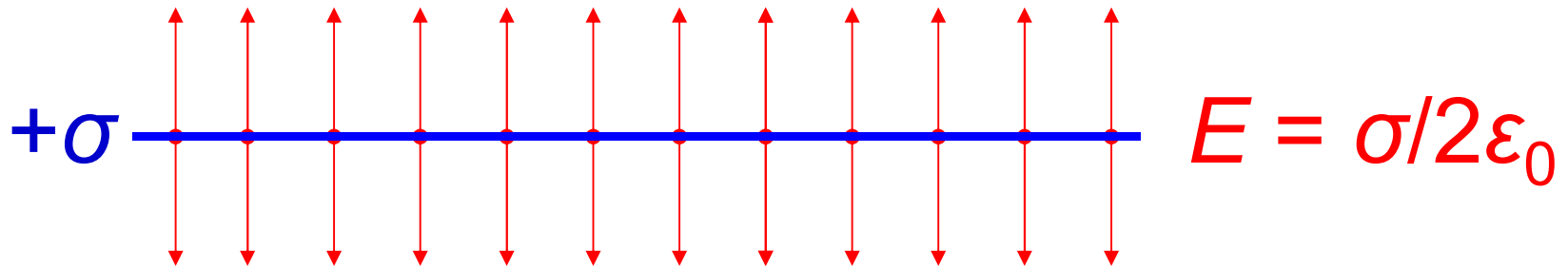
Eks 6: Svært nærme en flateladning



nærme

Eks 7: To parallelle plater

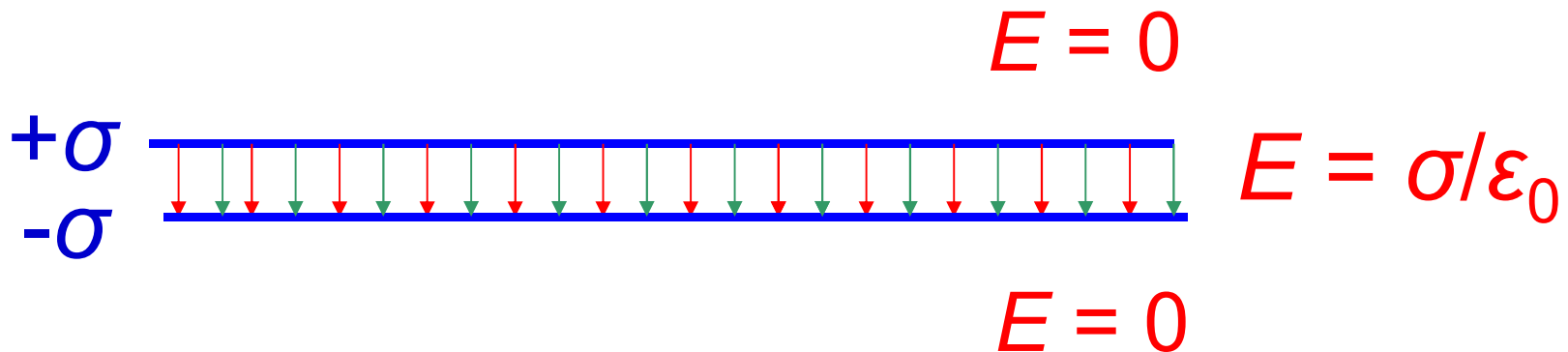
= Y&F: Ex. 21.12



nærme

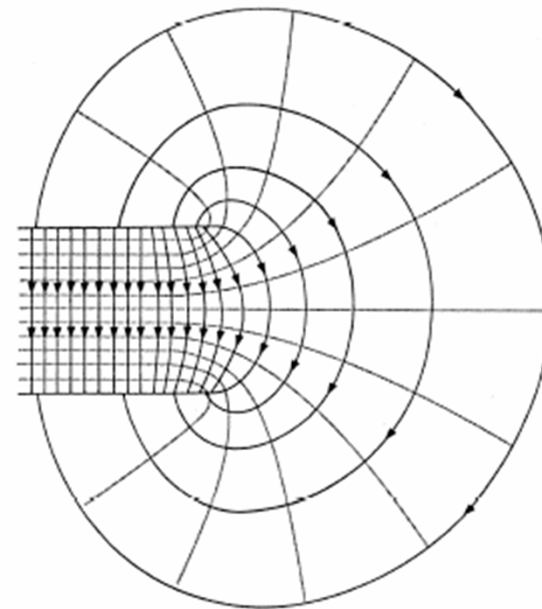
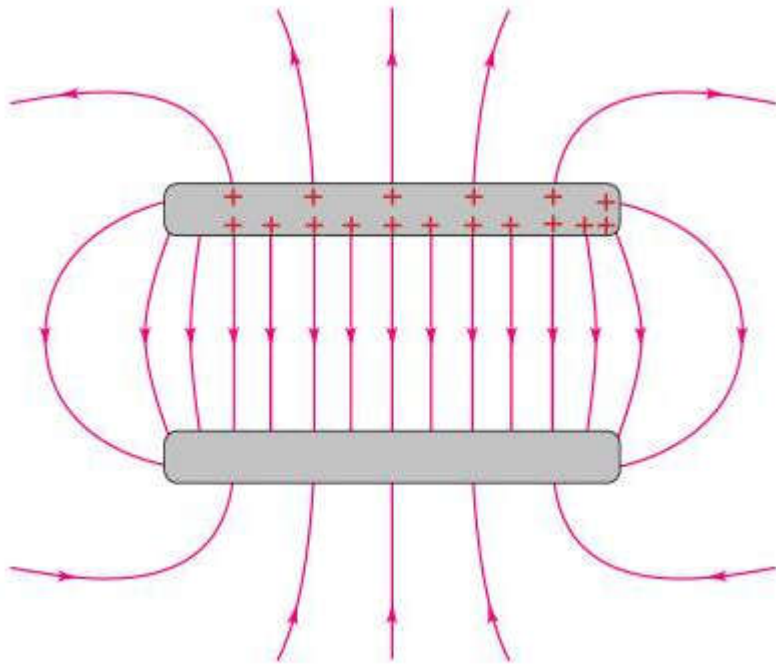
Eks 7: To parallelle plater

(eller: uendelig store)

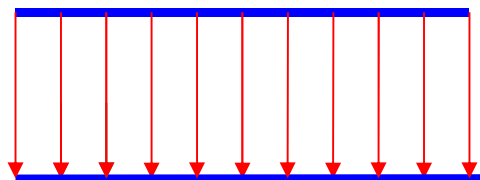


Superposisjon, resultat:
 E -felt kun mellom platene

Randeffekter for *ikke nærmne* plater

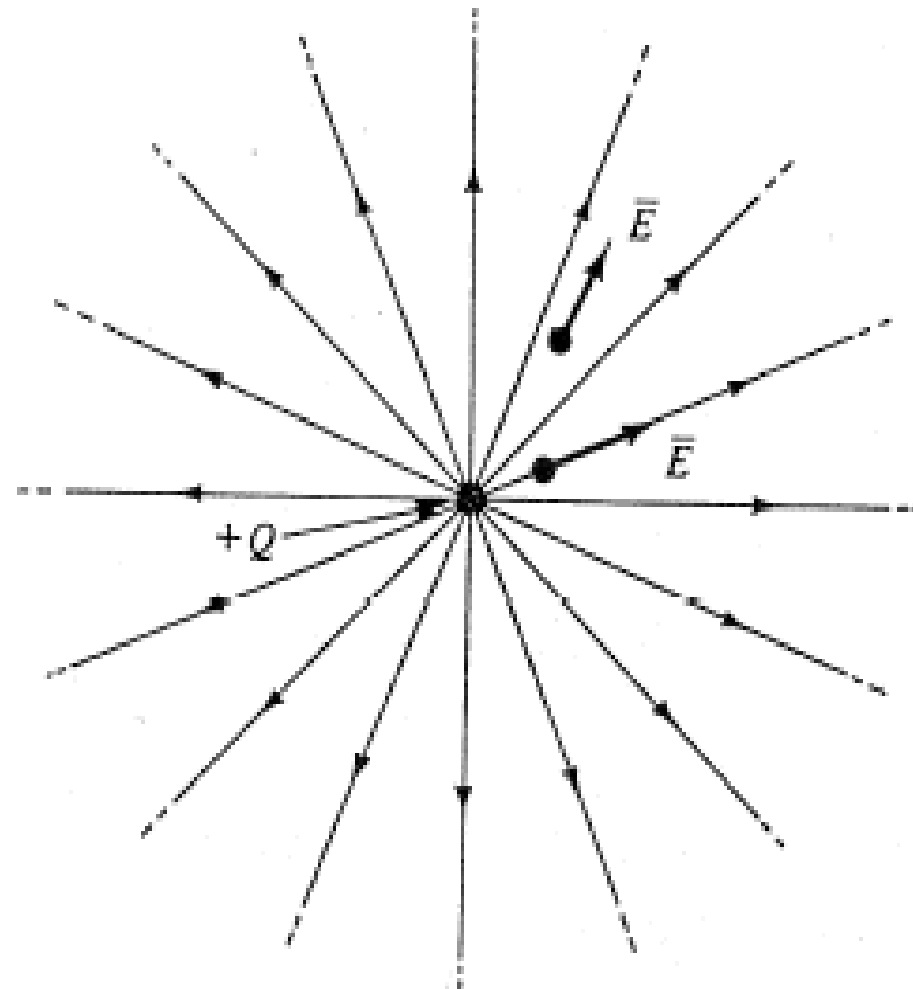


(mer detaljert)



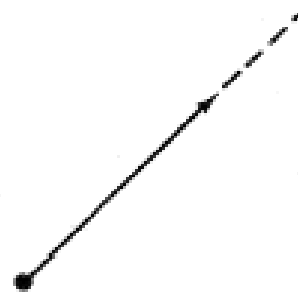
idealisert

Visualisering elektrisk felt:



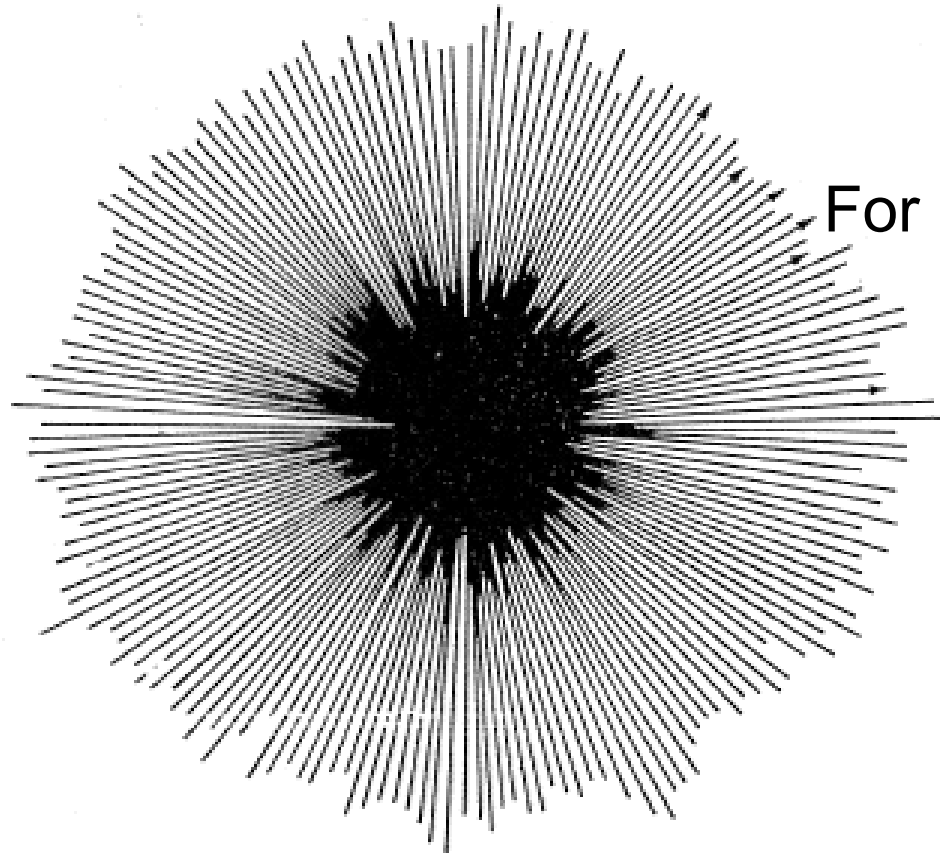
med feltlinjer

Velg et
høvelig
antall
feltlinjer
!



(a)

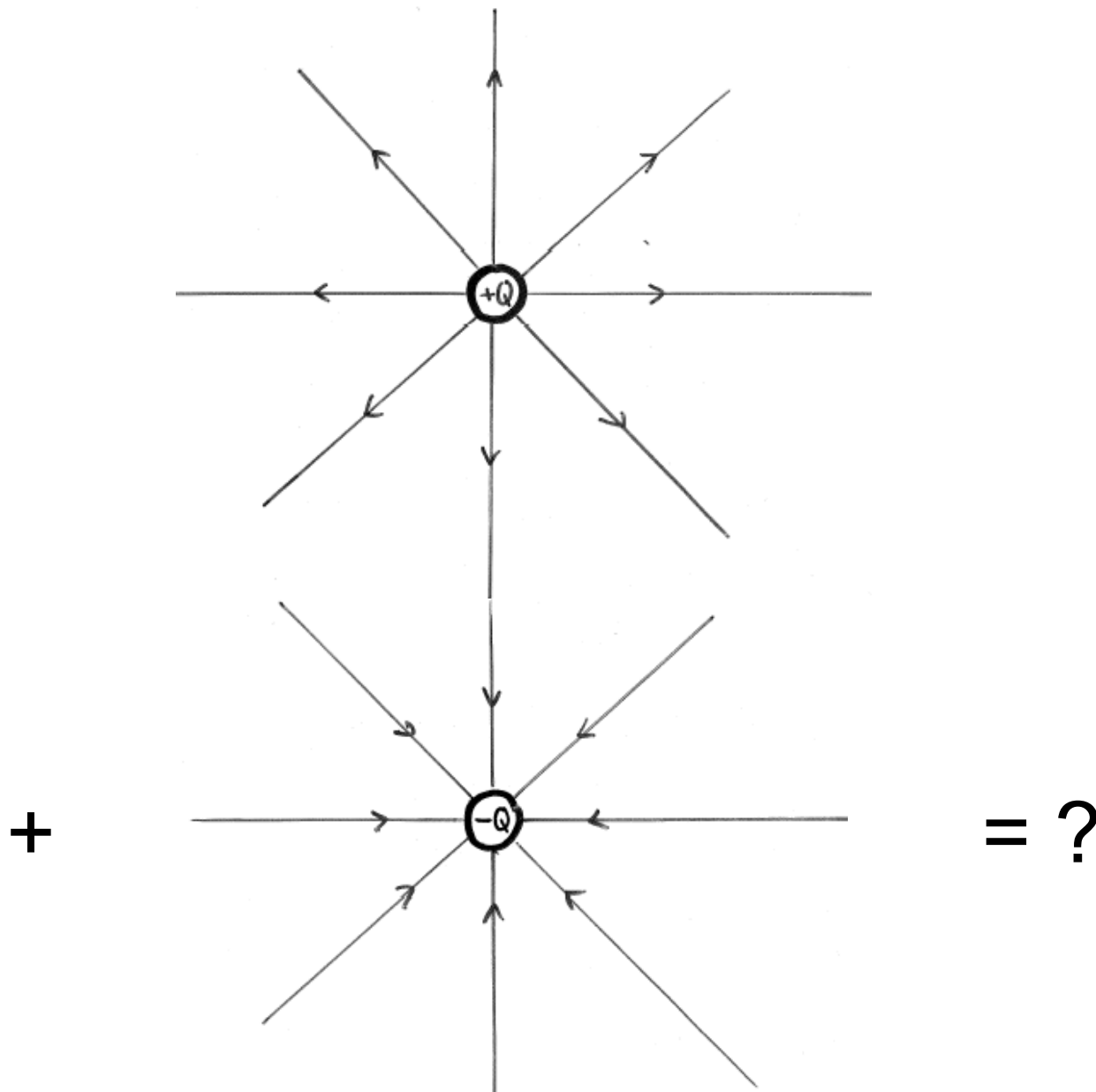
For få



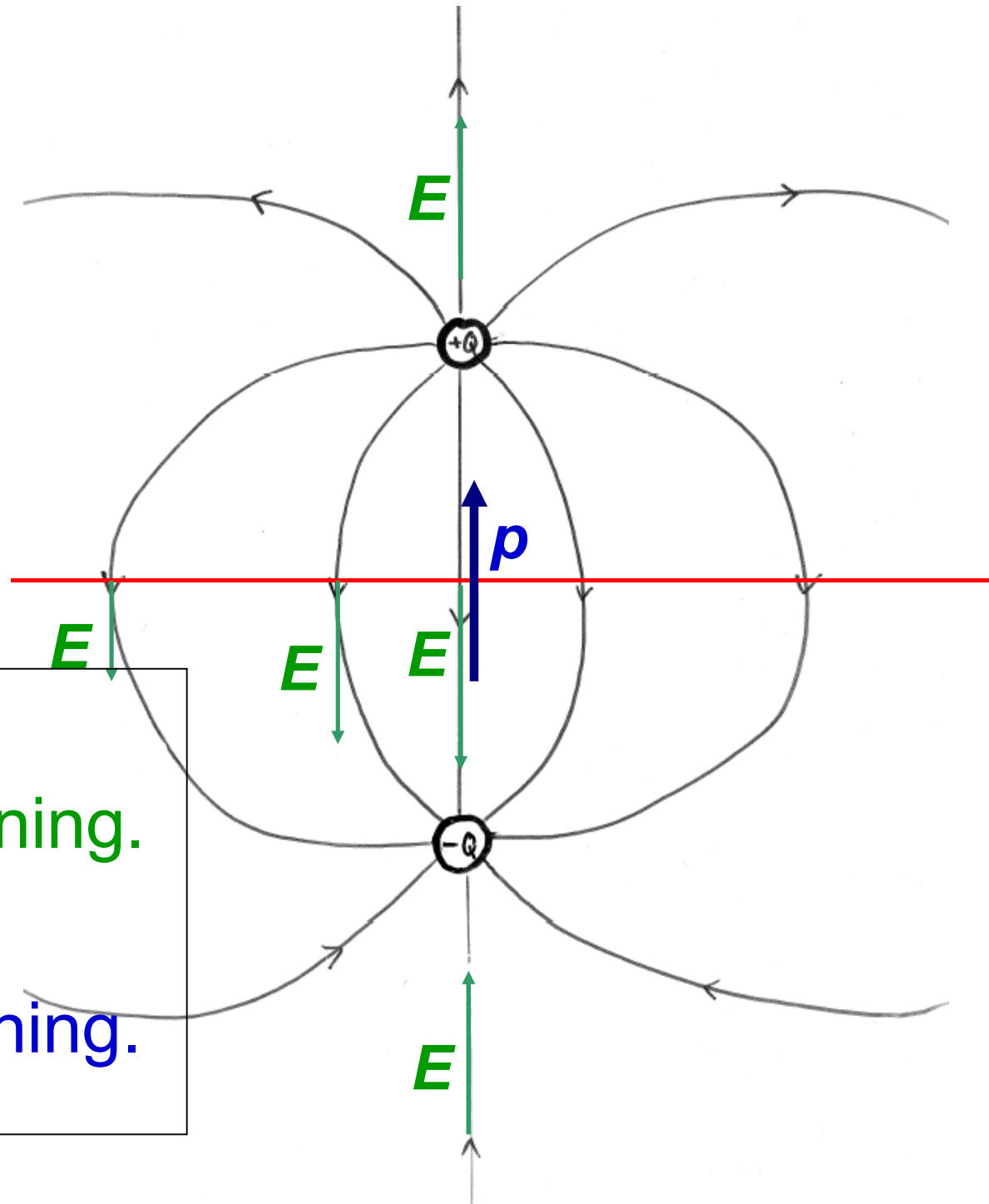
(b)

For mange

E-feltet kan finnes ved hjelp av feltlinjer:



E -feltet kan finnes ved hjelp av feltlinjer:



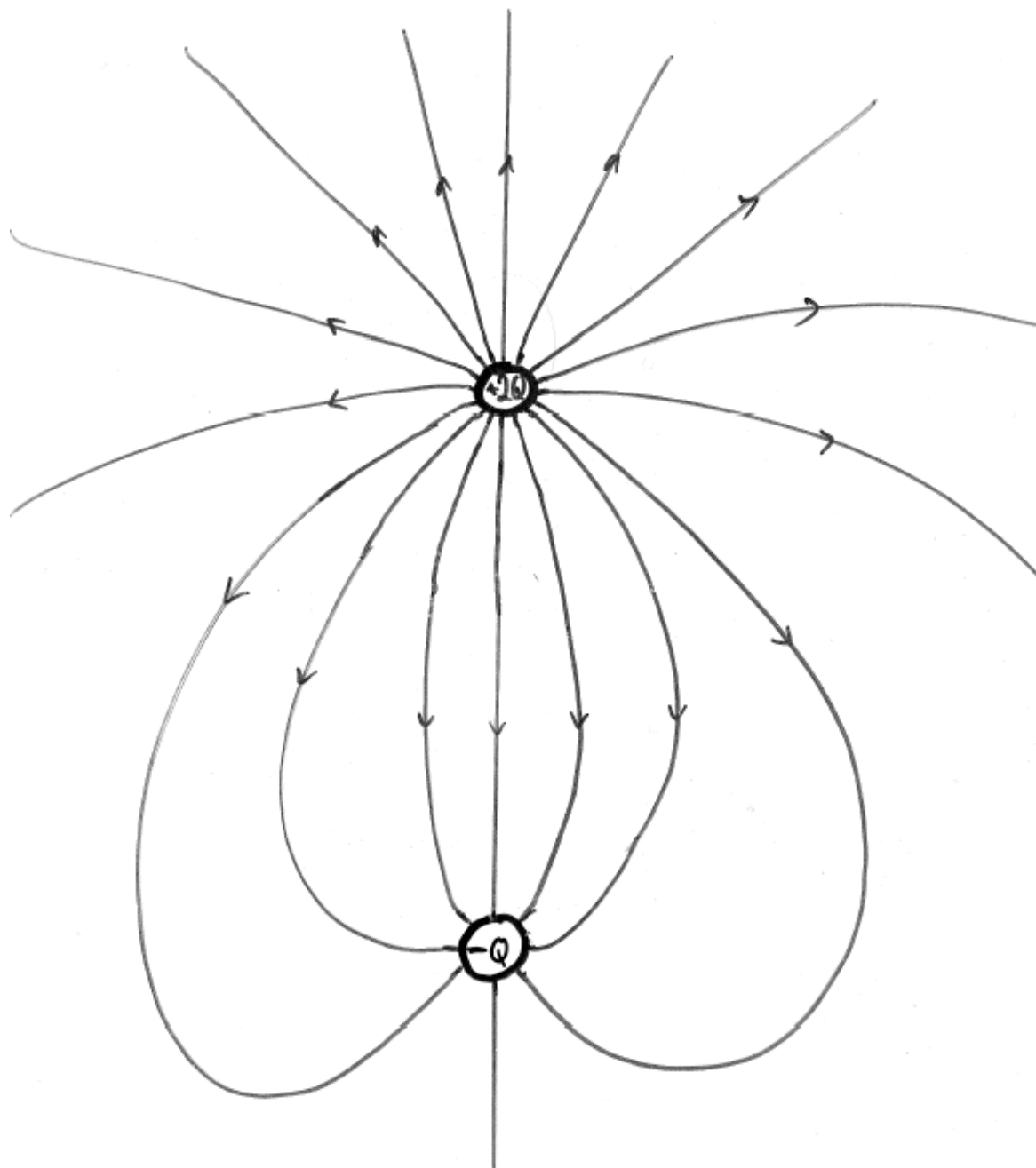
OBS:

E fra + til - ladning.

Dipolmoment

p fra - til + ladning.

Annet
eksempel
på E -feltet
ved hjelp
av feltlinjer:



Kap. 21. Elektrisk ladning og felt

Elektrisk ladning, q , Q . + eller - Enhet coulomb, C.

Coulombs lov: $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$

Superpos.prinsippet: $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_n^N \frac{q_n q_0}{r_{0n}^2} \hat{r}_{0n}$ kont. ladn.fordeling $\xrightarrow{\hspace{1cm}}$ $\frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \int_{\text{ladning}} \frac{dq}{r^2} \hat{r}$

Elektrisk felt: $\underbrace{\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}}_{\text{def}} = \underbrace{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}}_{\text{punktladning}}$ Retning: $\oplus \rightarrow \ominus$

Elektrisk dipol med dipolmoment $\mathbf{p} = q \mathbf{a}$. Retning: $\oplus \leftarrow \ominus$

\mathbf{E} visualiseres ved **elektriske feltlinjer**, der \mathbf{E} er tangent til feltlinjene.

Ladningstetthet:

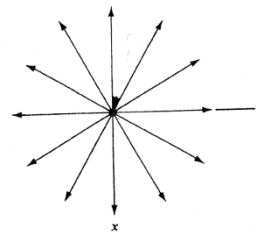
	Symbol:	Infinitesimal ladn:	} $\vec{E} = k \int \frac{dq}{r^2} \hat{r}$
Brukes kap 22	Rom- ρ (C/m ³)	$dq = \rho dV$	
Brukt kap 21	Flate- σ (C/m ²)	$dq = \sigma dA$	
	Linje- λ (C/m)	$dq = \lambda d\ell$	

Kap. 21. Elektrisk ladning og felt

Viktige eksempler \vec{E} :

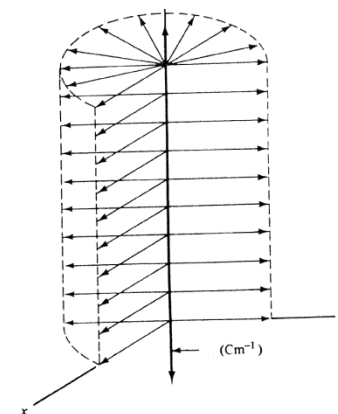
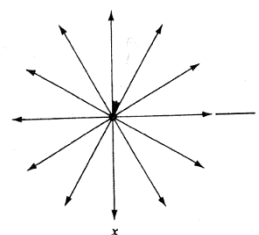
Rundt punktladning:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$$



Nærme lang stav:

$$\vec{E} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r} \hat{r}$$



Nærme stor plate:

$$\vec{E} = \frac{1}{2\epsilon_0} \sigma \hat{n}$$

(\hat{n} = normalenhetsvektor)

Mellom to store plater:

$$\vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \sigma \hat{n}$$

