Lørdagsverksted i fysikk. Institutt for fysikk, NTNU. Høsten 2007.
Veiledning: 29. september kl 12:15 – 15:00.

Øving 4: Coulombs lov. Elektrisk felt. Magnetfelt.

Oppgave 1 (Flervalgsoppgaver)

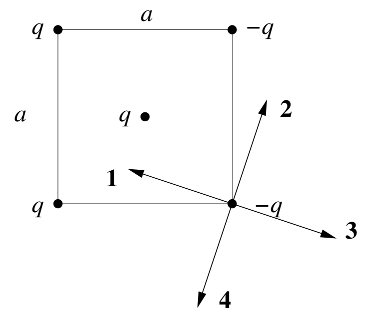
a) Et proton med hastighet $\boldsymbol{v} = v_0\hat{y}$ kommer inn i et område der det elektriske feltet er uniformt, og rettet langs negativ y-akse. Protonet vil da

A fortsette med uendret hastighet $\boldsymbol{v}$.
B bøyes av i positiv x-retning.
C etter hvert komme ut av området med uniformt felt, og da med hastighet $-v_0\hat{y}$.
D bevege seg langs en spiralformet bane omkring z-aksen.

---

b) Hvilken av pilene angir korrekt retning for total kraft (fra de fire andre ladningene) på ladningen $-q$ i nedre høyre hjørne av kvadratet?

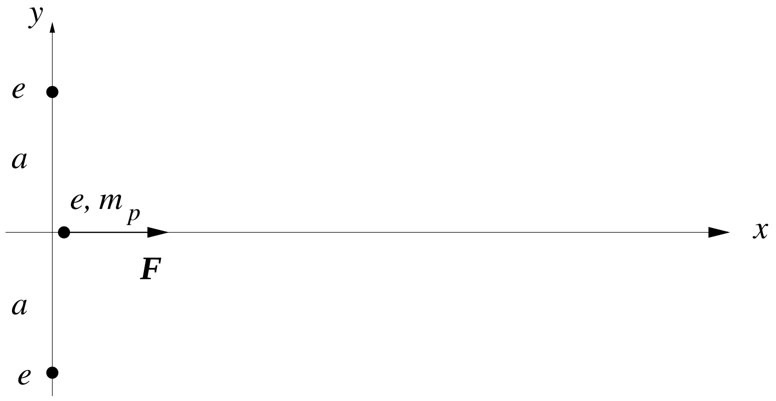
A 1
B 2
C 3
D 4



---

c) To protoner, begge med ladning e, ligger (fast) på y-aksen med innbyrdes avstand $2a$, henholdsvis i posisjonene $y = a$ og $y = -a$ som vist i figuren. Et tredje proton, med masse m_p, er fri til å bevege seg, og slippes med null starthastighet i en posisjon på x-aksen bittelitt til høyre for origo. Hvilken hastighet vil dette protonet ha oppnådd når det har kommet langt ut på x-aksen ($x \to \infty$, $k \simeq 9 \cdot 10^9$ Nm^2/C^2)?

A $(4ke/m_pa^2)^{1/2}$
B $(4ke^2/m_pa^2)^{1/2}$
C $(4ke^2/m_pa)^{1/2}$
D $(4ke^2/a)^{1/2}$



---

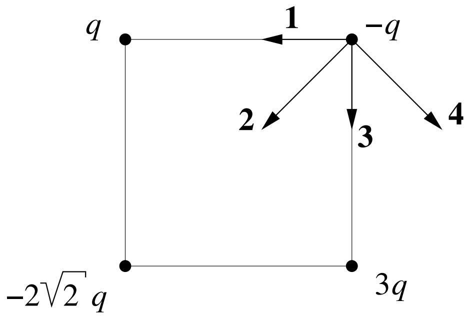
d) Mellom et elektron og et proton i innbyrdes avstand 4 nm virker det en elektrisk kraft på

A 14.4 pN
B 14.4 nN
C 14.4 μN
D 14.4 mN

---

e) Hvilken av pilene angir korrekt retning for total kraft på ladningen $-q$ i øvre høyre hjørne av kvadratet?

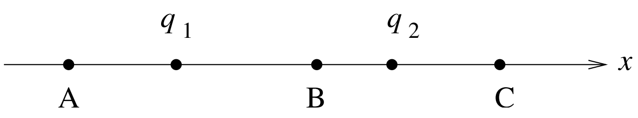
A 1
B 2
C 3
D 4



---

f) To positive punktladninger q_1 og q_2 ligger på x-aksen som vist i figuren. I hvilke av de tre angitte posisjonene A, B og C kan det da tenkes at $E = 0$? (De to ladningene er ikke nødvendigvis like store.)

A Bare i B.
B I A eller C.
C I A, B eller C.
D Verken i A, B eller C.



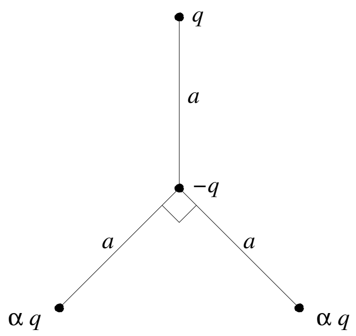
---

g) To punktladninger Q og $-Q$ ligger (fast) på x-aksen med innbyrdes avstand a, henholdsvis i posisjonene $x = a$ og $x = 0$ som vist i figuren. En tredje partikkel (også punktformet) har ladning Q, masse M, er fri til å bevege seg, og slippes med null starthastighet i posisjonen $x = 2a$. Hvor stor er akselerasjonen til denne partikkelen umiddelbart etter at den slippes? ($k \simeq 9 \cdot 10^9$ Nm^2/C^2)

A $3kQ^2/4Ma^2$
B kQ^2/Ma^2
C $3kQ^2/2Ma$
D kQ^2/a^2

---

h) Tre punktladninger, q, αq og αq er plassert i hvert sitt hjørne av en trekant som vist i figuren. En fjerde punktladning $-q$ ligger i avstand a fra alle de tre andre. Ladningene αq, $-q$ og αq danner en vinkel på 90 grader. Hvor stor må da α være for at det skal virke null nettokraft på ladningen $-q$?



A 2
B $\sqrt{2}$
C $1/\sqrt{2}$
D $1/2$

---

i) To punktladninger tiltrekker hverandre med en kraft F. Hvor stor blir den tiltrekkende kraften dersom vi øker ladningenes innbyrdes avstand med 20 %?

A $0.64\ F$
B $0.69\ F$
C $0.83\ F$
D $1.44\ F$

---

j) Figuren viser feltlinjer for et uniformt elektrisk felt. Et elektron som plasseres i dette feltet vil

A bevege seg med konstant hastighet mot venstre.
B bevege seg med konstant hastighet mot høyre.
C akselereres mot venstre.
D akselereres mot høyre.

---

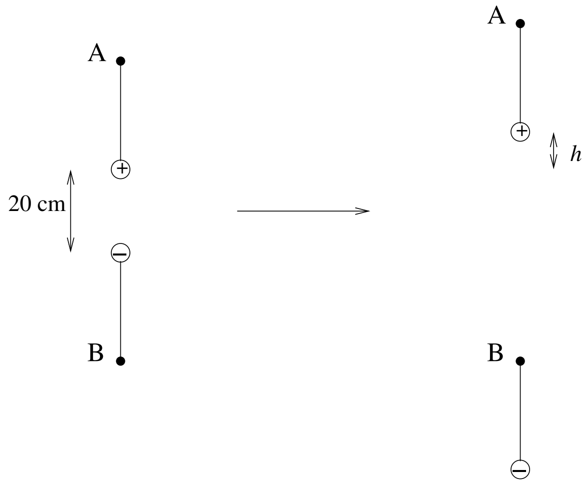
k) En glass–stav har et underskudd på $5 \cdot 10^9$ elektroner. Da er glass–stavens ladning

A 80 nC
B -80 nC
C 0.8 nC
D $3.2 \cdot 10^{-29}$ C

---

l) To små kuler har masse 50 g hver. Kulene er festet i hver sin tynne (tilnærmet masseløse) isolerende tråd. Kulene har ladning henholdsvis 4 μC og -40 μC. I utgangspunktet "hengerkkulene som vist i figuren til venstre, med innbyrdes avstand 20 cm. Den øverste kulas festepunkt A trekkes nå langsomt oppover mens den nederste kulas festepunkt B holdes fast. Når den nederste kula plutselig faller ned, er den øverste kula trukket en avstand h oppover. Hvor stor er h? (Figuren angir ikke nødvendigvis størrelsen på h korrekt i forhold til den opprinnelige avstanden på 20 cm.)

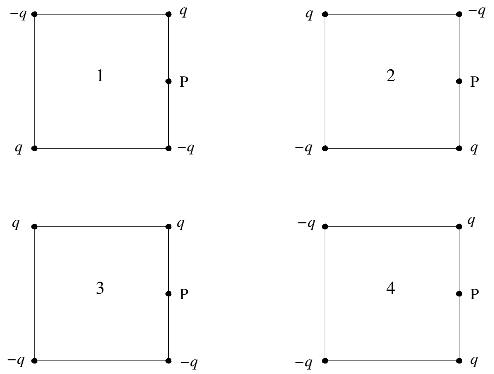
A 11 mm
B 13 cm
C 151 cm
D 6.7 m



---

m) To positive og to negative punktladninger, alle fire like store i absoluttverdi (q), skal plasseres i hvert sitt hjørne av et kvadrat. På hvilken måte skal punktladningene plasseres for å oppnå størst mulig elektrisk feltstyrke midt på høyre sidekant, i punktet P?

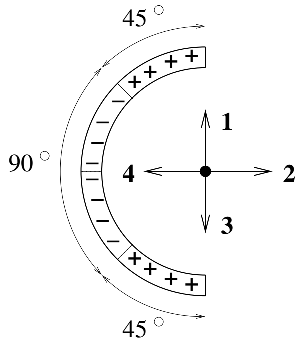
A 1
B 2
C 3
D 4



---

n) Figuren viser en halvsirkelformet stav med uniform ladning pr lengdeenhet, enten negativ ($-\lambda$, merket med "$-$") eller positiv (λ, merket med "$+$") på ulike deler av staven, slik at staven totalt har ladning lik null. Hvilken pil angir da riktig retning på det elektriske feltet i sentrumspunktet"(dvs det som ville ha vært sentrum av en hel sirkel)?

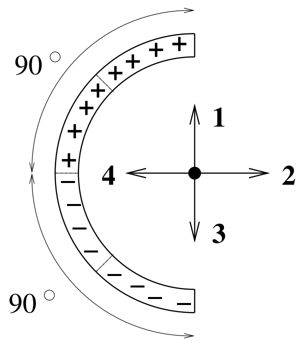
A 1
B 2
C 3
D 4



---

o) Figuren viser en halvsirkelformet stav med uniform ladning pr lengdeenhet, enten negativ ($-\lambda$, merket med "$-$") eller positiv (λ, merket med "$+$") på ulike deler av staven, slik at staven totalt har ladning lik null. Hvilken pil angir da riktig retning på det elektriske feltet i sentrumspunktet"(dvs det som ville ha vært sentrum av en hel sirkel)?

A 1
B 2
C 3
D 4



---

p) To kuler har ladning $3Q$ (kule 1) og $5Q$ (kule 2). Kraften på kule 2 fra kule 1 er 5 N. Hva er da kraften på kule 1 fra kule 2?

A 3 N
B 5 N
C $8\frac{1}{3}$ N
D Det kommer an på avstanden mellom kulene.

---

q) En positivt ladd partikkel beveger seg nordover i et magnetfelt. Den magnetiske kraften på partikkelen har retning mot nordøst. I hvilken retning peker da magnetfeltet?

A Oppover
B Mot vest
C Nedover
D Kraften kan ikke ha retning mot nordøst

Oppgave 2

a) To punktladninger $+q$ og $-2q$ er plassert et lite stykke fra hverandre. Skisser elektriske feltlinjer for dette systemet.

b) Tre punktladninger ligger på x-aksen: $q_1 = -6.0\mu\text{C}$ i $x = -3.0$ m, $q_2 = 4.0\mu\text{C}$ i origo, og $q_3 = -6.0\mu\text{C}$ i $x = 3.0$ m. Finn kraften på q_1.

c) Hvor stor masse ville et proton ha hatt dersom den tiltrekkende gravitasjonskraften mellom to protoner akkurat balanserte den frastøtende elektriske kraften mellom dem? Hva er forholdet mellom disse to kreftene i virkeligheten?

Oppgave 3

En tynn stang ligger langs x-aksen, mellom $x = 0$ og $x = 5$ m. Stanga har ladning per lengdeenhet $\lambda = 3.5$ nC/m.

a) Bestem stangas totale ladning.

b) Bestem det elektriske feltet i posisjonene $x = 6$ m, $x = 9$ m og $x = 250$ m.

c) Bestem en tilnærmet verdi for det elektriske feltet i posisjonen $x = 250$ m, i det du betrakter stanga som en punktladning plassert i origo (med samme ladning som stanga har i virkeligheten). Sammenlign denne tilnærmede verdien med den eksakte verdien som du bestemte i punkt *b*).

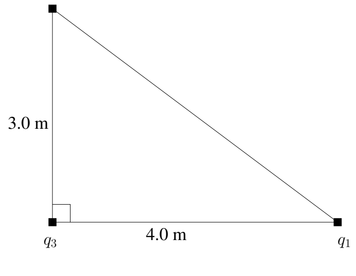
Oppgave 4

Tre ladninger q_1, q_2 og q_3 er plassert som på figur 1. Vi har verdiene $q_1 = 7.5 \cdot 10^{-8}\text{C}$, $q_2 = 2.5 \cdot 10^{-8}\text{C}$ og $q_3 = -5.0 \cdot 10^{-8}\text{C}$.

a) Bestem størrelsen og retningen til kraften som virker på q_3.

Vi tar så bort ladningen q_3, og lar en annen ladd partikkel bevege seg friksjonsfritt på forbindelseslinjen mellom q_1 og q_2.

b) Hvor langt fra q_1 er partikkelen når akselerasjonen er lik 0?

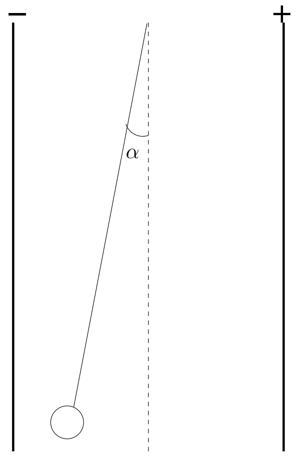


Figur 1: De tre ladningene

Oppgave 5

a) Definer elektrisk feltstyrke.

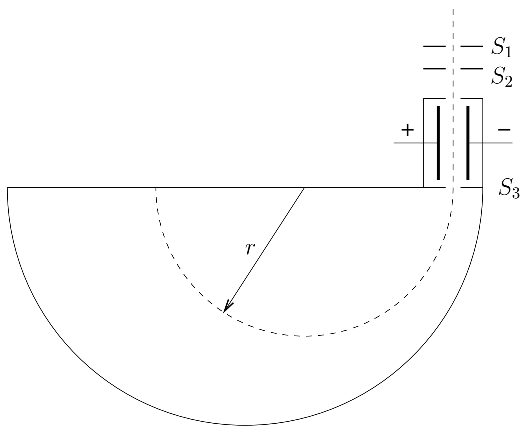
b) Mellom to motsatt ladde parallelle og loddrette plater henger en pendel i ro. Pendelkulen har massen m og ladningen q. Pendelen danner en vinkel α med vertikallinjen. Tyngdeakselerasjonen er g. Vis hvordan vi kan finne feltstyrken på det stedet pendelkulen er.



Figur 2: Pendelen mellom de to ladde platene

Oppgave 6

Figur 3 viser et massespektrometer som skal brukes til å bestemme massen til en neonisotop. Neonioner med en positiv elementærladning, men med forskjellig fart, kommer inn mot spalteåpningen S_1. Etter å ha blitt akselerert mellom platene S_1 og S_2 beveger de seg inn i et rom hvor de samtidig påvirkes av et elektrisk og et magnetisk felt. Feltene står vinkelrett både på hverandre og på fartsretningen slik at bare ioner med en bestemt fart slipper gjennom spalteåpningen S_3. Hele apparatet står i vakuum.



Figur 3: Massespektrometeret

a) Hvilken retning har magnetfeltet $\vec{B}$ når de to platene som lager det elektriske feltet $\vec{E}$, har ladninger som vist på figur 3?

b) Hvor stor fart har de ionene som passerer S_3 når $E = 1.2 \cdot 10^5$ V/m og $B = 0.60$ T. [Enheten V/m, der V = volt, er det samme som enheten N/C.]

c) Når ionene har passert S_3, virker bare magnetfeltet. Radius r i den sirkelen som ionene beveger seg i, er 7.2 cm. Bestem massen til neon-isotopen.

Oppgave 7

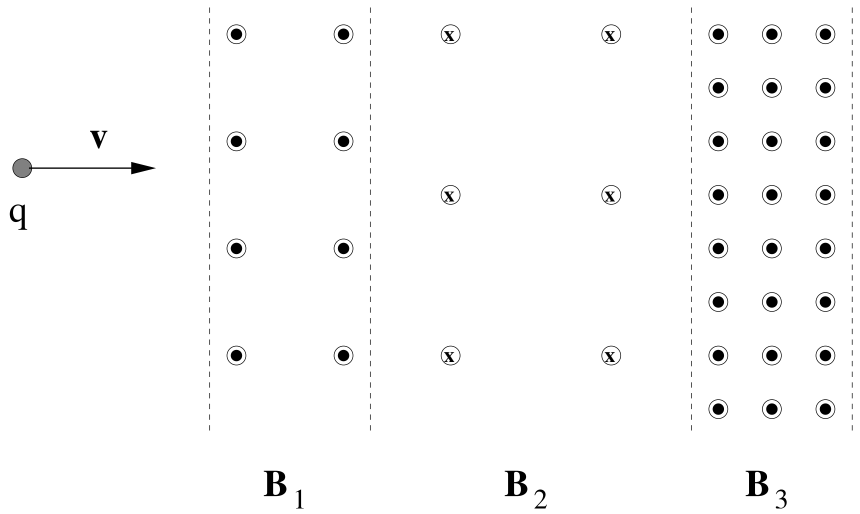
Et elektron kommer fra sola og entrer jordas magnetfelt med en hastighet 10^7 m/s, høyt over ekvator der styrken på magnetfeltet er $4 \cdot 10^{-7}$ T. Elektronet beveger seg nå i en sirkulær bane, bortsett fra en svak drift i magnetfeltets retning, slik at det etter hvert nærmer seg nordpolen.

a) Hva er radien til elektronets sirkulære bane høyt over ekvator?

b) Hva er radien til elektronets sirkulære bane nær nordpolen, der styrken på magnetfeltet er $2 \cdot 10^{-5}$ T?

Oppgave 8

Figuren nedenfor viser tre områder med magnetfelt henholdsvis B_1 (ut av planet), $B_2 < B_1$ (inn i planet) og $B_3 > B_1$ (ut av planet). En partikkel med (positiv) ladning q og hastighet v kommer inn i området med magnetfelt fra venstre, som vist i figuren. Tegn opp banen til den ladde partikkelen.



Oppgave 9

a) Seks like store ladninger q er plassert i hjørnene av en regulær sekskant. Hvor stor blir kraften på en "testladning" Q i sentrum av sekskanten?

b) En av de seks ladningene fjernes. Hva blir nå kraften på Q? Tegn en figur og forklar hvordan du har tenkt.

c) Erstatt "seks" med "sju" og gjenta oppgave a!

Oppgave 10 (Ukens utfordring!?)

Bestem det elektriske feltet i en avstand L fra et uendelig stort plan med uniform ladning σ pr flateenhet.

Tips 1: Tenk deg det uendelig store ladde planet oppdelt i tynne ringer, med radius r, tykkelse dr, og sentrum rett under posisjonen der du ønsker å bestemme det elektriske feltet.

Tips 2: Hvis du etter hvert får bruk for integralet

$$\int_0^\infty \frac{x\,dx}{(x^2+a^2)^{3/2}} = \frac{1}{a}$$

så er du trolig på rett vei.