

# Øving 9

## Magnetfelt.

Veiledning: Fredag 6. mars ifølge nettsider.

Innlevering: Mandag 9. mars kl. 14:00

Lever øvinger i bokser utenfor R1.

### Oppgave 1. Lorentzkrafta: Hastighetsfilter.

Ladde partikler blir med en fart  $\vec{v}$  skutt inn i et område med krysset elektrisk og magnetisk felt (dvs.  $\vec{E}$  og  $\vec{B}$  er normale på hverandre). Feltene er homogene og innfallshastigheten  $\vec{v}$  til partiklene er normal til både  $\vec{E}$  og  $\vec{B}$ . Magnetisk flukstetthet er  $B = 0,100$  T. Det elektriske feltet er generert mellom et par av like og motsatt ladde parallelle plater med avstand 20 mm. Når potensialforskjellen mellom platene er 300 V, er det ingen avbøyning av partiklene. – Hva er partikkelfarten  $v$ ?

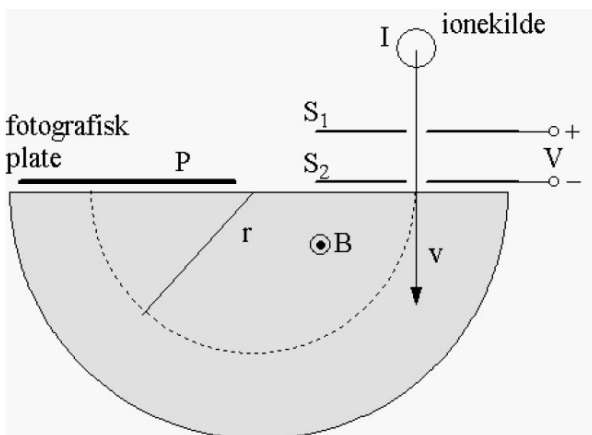
### Oppgave 2. Gauss lov for $B$ -feltet.

Følgende statiske magnetfelt  $\vec{B}$  er gitt i kartesiske koordinater, der  $k$  er en konstant (ulik i hvert tilfelle):

- $\vec{B}(x, y, z) = k \cdot [x, y, z]$
- $\vec{B}(x, y, z) = k \cdot [x, z, -z]$
- $\vec{B}(x, y, z) = k \cdot [x, -y, -z]$
- $\vec{B}(x, y, z) = k \cdot [xy, -xy, zx - zy]$

Hvilke av disse fire  $\vec{B}(x, y, z)$  er fysisk mulig og hvilke er ikke?

Tips: Fluks ut = fluks inn for ethvert volumelement (divergensfritt).



### Oppgave 3. Massespektrometer.

Et massespektrometer er et ofte brukt vitenskapelig instrument som skiller ladde partikler (ioner) som har ulike forhold mellom masse og ladning ( $q/m$ ). Partiklene akselereres først over et potensial  $V$  slik at de får en hastighet  $\vec{v}$ . De sendes så inn i et magnetfelt som står normalt på hastighetsvektoren. Lorentzkrafta gir avbøyning slik at banen blir en del av en sirkel. Jo større  $q/m$ -forholdet er for ionene, jo mindre blir baneradiusen  $r$ .

Figuren viser en sterkt forenklet skisse av et massespektrometer. Åpningene  $S_1$  og  $S_2$  tjener som kollimatorer for partikkelstrålen. Det akselererende potensialet  $V$  legges mellom  $S_1$  og  $S_2$ . Strålen bøyes  $180^\circ$  av et  $B$ -felt som peker opp av papirplanet. Kollektoren  $P$  kan være en fotografisk plate eller oftest en detektor som registrerer ionene. Denne ligger i samme plan som den negative plata.

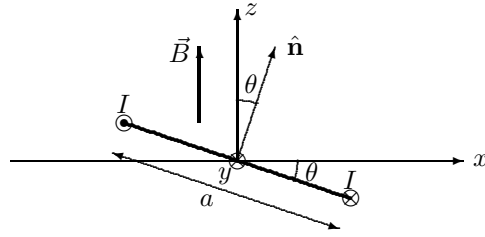
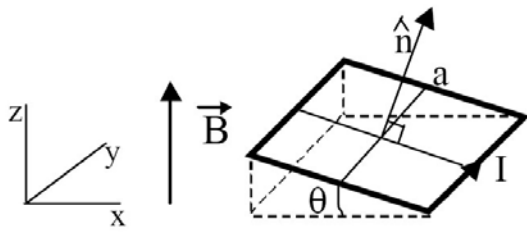
Et proton med ladning  $q_p = e$  og masse  $m_p$  blir akselerert og sendt inn i det homogene magnetfeltet. Protonet er tilnærmet i ro ved start fra den positivt ladde plata. Avstanden mellom platene som setter opp potensialet er  $d$ .

- Beregn hastigheten til protonet idet det går gjennom aperturen og inn i området med det homogene magnetfeltet når  $V = 3,00$  kV og  $d = 1,000$  mm.
- Hvor treffer protonet den fotografiske filmen når  $B = 0,400$  T? (Angi svaret med avstanden  $L_p$  mellom treffpunktet og der protonet går inn i magnetfeltet, dvs.  $L_p = 2r_p$ , der  $r_p$  er protonets baneradius.)
- Når vi undersøker en blanding av to positivt ladde ioner med oppsettet over, finner vi to flekker på den fotografiske filmen som treffer i en avstand  $\frac{3}{4}L_p$  og  $\frac{5}{2}L_p$  fra der partikkelen går inn i magnetfeltet, der  $L_p$  er protonets avstand funnet i b). Hva er massen til disse partiklene når det er kjent at de begge har en ladning  $2q_p$ ?

Tips: Lorentzkrafta utgjør sentripetalkrafta som er  $F_s = m \cdot v^2/r$ . Verdi for  $e$  og  $m_p$  fra f.eks. Angell & Lian.

#### Oppgave 4. Kraftmoment i magnetfelt.

Ei kvadratisk ledersløyfe med sidekant  $a$  og strøm  $I$  er plassert i et homogent magnetfelt  $\vec{B} = B \hat{k}$ . Flatenormalen  $\vec{A} = a^2 \hat{n}$  ligger i  $xz$ -planet og danner en vinkel  $\theta$  med  $z$ -aksen. Sløyfa ligger med sentrum i origo. Du skal beregne de magnetiske krefters kraftmoment  $\vec{\tau}$  om  $y$ -aksen. Husk kraftmoment = "arm gange kraft",  $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ .



Perspektivskisse med indikering av koord.retninger.

Projeksjonsskisse i  $\hat{j}$ -retning med sløyfas sentrum i origo.

a) Vis i en skisse retningen for den magnetiske krafta på hver av de fire rette lederstykkene. Hvilke av kreftene bidrar til kraftmomentet  $\vec{\tau}$ ? Finn uttrykk for alle kreftene og beregn  $\vec{\tau}$ . Bruk kartesiske komponenter  $\hat{i}$ ,  $\hat{j}$  og  $\hat{k}$ .

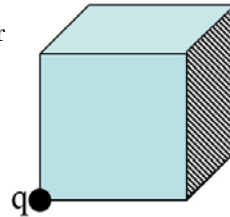
b) Vis at kraftmomentet kan uttrykkes på formen  $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$ , hvor  $\vec{\mu} = I\vec{A}$  er sløyfas magnetiske moment.

c) Med potensiell energi  $U(\theta = \pi/2) = 0$ , finn uttrykk for  $U(\theta)$ .

#### Oppgave 5. Flervalgsoppgaver.

a) En punktladning  $q$  er plassert i det ene hjørnet av en kube. Hva blir elektrisk fluks gjennom den skraverte (høyre) sideflata i figuren?

- A)  $q$
- B)  $q/3$
- C)  $q/4$
- D)  $q/8$
- E)  $q/24$



b) Finn FEIL påstand:

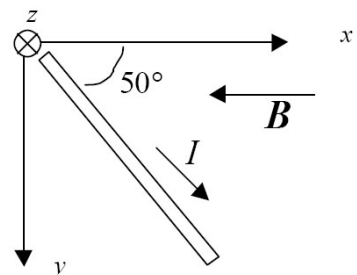
- A) Overflata av et metallstykke er et ekvipotensial
- B) Enhver lukket flate som i sin helhet ligger inne i et metallstykke er et ekvipotensial
- C) Enhver åpen (dvs. ikke lukket) flate som i sin helhet ligger inne i et metallstykke er et ekvipotensial
- D) Enhver lukket flate som i sin helhet ligger inne i et metallstykke har alltid elektrisk potensial  $V = 0$
- E) Ladningsfrie hulrom i et metallstykke har  $\vec{E} = 0$ .

c) En del av et rom består av et krysset elektrisk og magnetisk felt som hver er konstant og homogent. Ladde partikler skytes inn i rommet. Partikler som går gjennom rommet uten å bøyes av har samme

- A) masse
- B) energi
- C) forhold energi/masse
- D) forhold ladning/masse
- E) Ingen av disse er rett.

d) Figuren viser et segment av en leder med lengde 1,2 m der det går en strøm  $I = 3,5$  A. Lederen ligger i  $xy$ -planet og danner en vinkel på  $50^\circ$  med  $x$ -aksen som vist på figuren. Et magnetfelt  $B = 0,50$  T har retning langs negativ  $x$ -akse. Den magnetiske krafta  $F$  på lengdesegmentet er nærmest

- A)  $+1,3 \hat{k}$  N
- B)  $+1,6 \hat{j}$  N
- C)  $+1,6 \hat{k}$  N
- D)  $(+1,3 \hat{k} - 1,6 \hat{j})$  N
- E) Ingen av svarene er rett



Utvalgte fasitsvar:

1)  $1,5 \cdot 10^5$  m/s. 2) b og d mulige. 3a)  $7,59 \cdot 10^5$  m/s, 3b) 3,96 cm fra aperturen, 3c)  $5,2 \cdot 10^{-27}$  kg og  $21 \cdot 10^{-27}$  kg.