

NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:
Svein Sigmond, tel. 93624

Eksamen i fag 74440 Ladete Partiklers Fysikk

Mandag 25. mai 1998 0900–1300 (4 timer)

Tillatte hjelpemidler:

- Godkjent lommekalkulator
- Standard matematiske / fysiske formelsamlinger og tabeller
- Utlevert formelsamling i Ladete Partiklers Fysikk

Ved sensuren vil det bli lagt lik vekt på hver av oppgavene.

Oppgave 1

a)

Hva er *Busch-teoremet* (se formelsamlingen), og hva er begrensningene for dets gyldighetsområde?

b)

I en *betatron-akselerator* akselereres ladete partikler (q, m_0) fra null startenergi langs en sirkulær bane med konstant radius R_0 , av det elektriske feltet som induseres når en aksialsymmetrisk magnetfeltfluks $\Phi_z(R, t)$ varierer med tiden t . Utled den relativistiske formelen for hvordan ledemagnetfeltet $B_0(R_0, t)$ i sentralbanen og magnetfluksen Φ_{z0} innenfor sentralbanen må avhenge av hverandre for at sentralstråleradien skal holdes konstant lik R_0 under akselerasjonen.

c)

Tegn og forklar et forslag til utforming av magnetpolsko og vakuumkammer for en betatron som skal arbeide med både magnetfeltfluks og ledemagnetfelt økende fra null til maksimum over 1/4 periode av 50 Hz tilførselsstrøm. Polskoene må være gitt en form som gjør at partikler som perturberes i R - og z -retningene får baner som oscillerer stabilt omkring sentralbanen. Begrunn utformingen av ledemagnetfeltlinjene (polskopprofilen) utfra fysikalske argumenter basert på geometri og feltkrefter. Perturbasjonsberegning kreves ikke.

d)

Finn de oppnåelige maksimalenergier med betatronen fra spørsmål c), for henholdsvis elektroner og protoner, når magnetmaterialet tåler maksimalt 2 T og sentralbaneradien $R_0=0.5$ m. Gi en fysikalsk begrunnelse for den store forskjellen mellom de to maksimalenergiene.

Oppgave 2**a)**

Hva er definisjonen på en *tynn linse* i partikkeloptikken? Tegn opp og forklar et forslag til en tynn magnetisk linse som er aksialsymmetrisk om z-aksen med magnetfeltkomponenter $B_R(R,z)$ og $B_z(R,z)$.

b)

Forklar *impulsperturbasjonsmetoden*. Benytt metoden til å finne formelen for brennvidden f til den tynne aksialsymmetriske magnetiske linsen fra spørsmål **a)** for ladete partikler (q,m) med ikke-relativistisk energi $q \cdot U_0$. Gå ut fra at magnetfeltet er null for $z < z_1$ og $z > z_2$, og at partikkelbanene er så nær z-aksen at alle magnetfeltkomponenter kan uttrykkes ved første ordens rekkeutvikling av $B_z(0,z) \equiv B_0(z)$. Kan en endre linsen mellom samle- og sprede-linse ved å endre linsefeltet?

c)

Hva er *paraksiallikningen* (se formelsamlingen), og hva er begrensningene for dens gyldighetsområde? Benytt paraksiallikningen til å beregne brennvidden til linsen i spørsmål **b)**.

Oppgave 3**a)**

Gi definisjonene for *primær ionisasjonskoeffisient* α og *sekundær ionisasjonskoeffisient* γ for elektrisk utladning i gasser. Utled formelen for veksten av en elektronlavine $N_e(x)$ som er startet av ett elektron ved $x=0$, når $\alpha(x)$ er kjent.

b)

Gjengi (Sigmonds) definisjoner på *gassutladningstypene* 1. Townsendutladning, 2) Glimmutladning, 3) Bueutladning, 4) Koronautladning.

c)

Skisser omtrentlig form for *strøm-spennings-karakteristikken* $U(I)$ for en gassutladning i atmosfæreluft mellom to 5-kronestore elektroder i ca 1 cm avstand, når 10^{-10} A elektronstrøm hele tiden frigjøres fra katoden (f.eks. ved UV-belysning). Tegn opp den elektriske kretsen for utmåling av $U(I)$, med utladningsgap, spenningskilde, måleinstrumenter og eventuelle andre kretskomponenter, og forklar vanskelighetene og mulighetene for måling av partier av $U(I)$ med negativ helning.