

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Kontinuasjoneksamen: FYS1120 Elektromagnetisme.

Eksamensdag: Torsdag 12. januar, 2012.

Tid for eksamen: 09:00 - 13:00

Oppgavesettet har: 3 sider.

Vedlegg: Ingen.

Tillatte hjelpemidler: Angell (eller Øgrim) og Lian: Fysiske størrelser og enheter
Rottman: Matematisk formelsamling
Godkjent elektronisk kalkulator
Et A4-ark med egne notater

Kontrollér at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.

Oppgave 1

En uendelig lang og rett ledning har en uniform, elektrisk linjeladningstetthet λ . Den ligger langs z -aksen og gir opphav til et elektrisk felt

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\rho^2}(x\mathbf{e}_x + y\mathbf{e}_y)$$

hvor $\rho = (x^2 + y^2)^{1/2}$ angir avstanden fra feltpunktet $\mathbf{r} = x\mathbf{e}_x + y\mathbf{e}_y + z\mathbf{e}_z$ med koordinater (x, y, z) til nærmeste punkt på z -aksen.

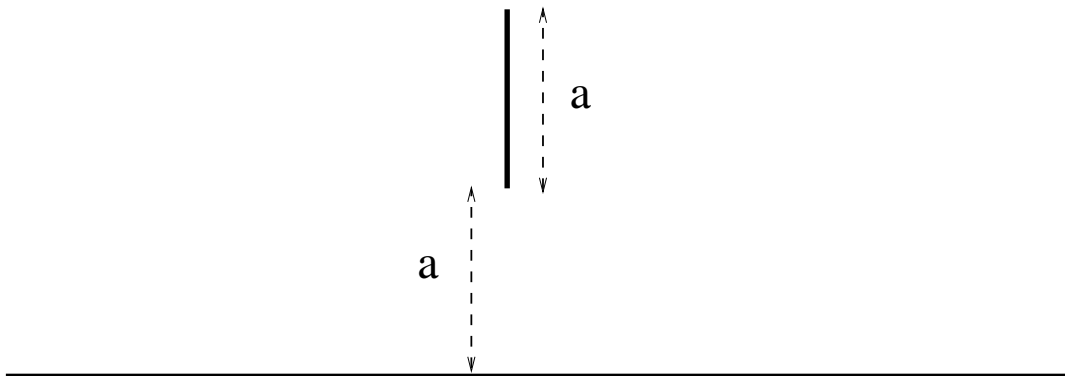


Figure 1: Utenfor den uendelige lange ledningen nederst i figuren plasseres det et loddrett stykke av samme ledning med lengde a og med avstand a fra den lange ledningen.

- Vis at $\nabla \times \mathbf{E} = 0$ og forklar at man derfor kan uttrykke vektorfeltet $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ ved et skalart potensial $V(\mathbf{r})$.
- Beregn den elektriske potensialforskjellen ΔV mellom et punkt med koordinater $(0.6, 0.8, 3.0)$ og et annet punkt med koordinater $(0, 2.0, 4.0)$.
- Et kort stykke med lengde a av denne uendelige ledningen blir plassert loddrett utenfor denne i avstand a som vist i Fig.1. Den har samme konstante linjeladning λ . Finn den totale, elektriske kraften som virker på denne korte ledningsstubben.

Oppgave 2

Et proton med elektrisk ladning e beveger seg med konstant hastighet v langs den positive x -aksen. Det passerer origo O ved tiden $t = 0$.

- Bruk Biot-Savarts lov til å beregne retningen og størrelsen til det magnetiske feltet som dermed oppstår ved et bestemt tidspunkt t i et punkt P på y -aksen i avstand b fra origo.
- Ved tiden $t = 0$ passerer et annet proton gjennom punktet P . Det har samme hastighet v og beveger seg også parallelt med x -aksen som vist i figuren. Finn

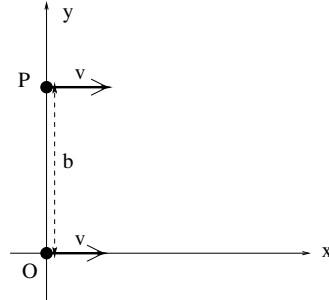


Figure 2: Når $t = 0$ beveger de to protonene seg parallelt med samme hastighet v .

den magnetiske kraften som da virker mellom disse to protonene.

- Beregn forholdet mellom denne kraften og Coulomb-kraften som også virker mellom protonene. Hva blir forholdet når hastigheten $v = 0.3 \times 10^7$ m/s?

Oppgave 3

En platekondensator består av to parallelle og sirkelformede plater med radius a i avstand d fra hverandre. De består av metall og det er luft mellom dem med dielektrisitetskonstant ϵ_0 som i vakum. Anta at $a \gg d$. Kondensatoren er ladet opp med en ladning $\pm Q_0$ på platene. Ved tiden $t = 0$ utlades den gjennom en ohmsk motstand R som vist i Fig.3.

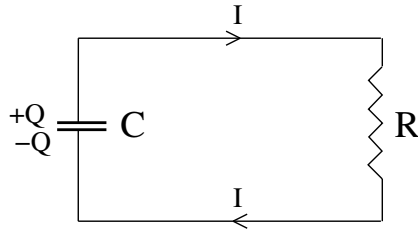


Figure 3: Ved et tidspunkt $t > 0$ er ladningen på kondensatorplatene redusert til $\pm Q$.

- Vis at for tiden $t > 0$ varierer strømmen i kretsen som $I(t) = I_0 \exp(-t/\tau)$ og finn konstantene I_0 og τ uttrykt ved Q_0 , R og C .
- Beregn tettheten av Maxwells forskyvningsstrøm som går gjennom kondensatoren. Hvor stor er den totale forskyvningsstrømmen i forhold til strømmen $I(t)$ i resten av kretsen?
- Bruk Ampères lov til å vise at det oppstår et magnetfelt mellom platene i kondensatoren og finn dets retning og størrelse når denne utladningen foregår.

Oppgave 4

Et magnetfelt langs z -aksen øker jevnt i en retning som vi kaller x -aksen. Feltet kan derfor skrives som $B_z(x) = B + kx$ hvor B og k er konstanter. En kvadratisk ledningssløyfe med sidekant a og ohmsk motstand R blir trukket i xy -planet med jevn hastighet v langs x -aksen som vist i figuren.

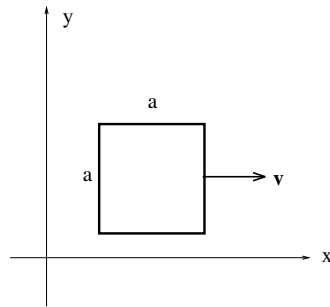


Figure 4: Den kvadratiske sløyfen trekkes med konstant hastighet v langs x -aksen.

- Finn den elektriske strømmen I som blir indusert i sløyfen.
- Beregn kraften F som man må trekke sløyfen med.
- Hva er effekten P av det mekaniske arbeidet som utføres? Sammenlign med den elektriske effekten som produseres av strømmen i sløyfen.