ØVING 13

Veiledning: *21.11*
Innleveringsfrist: *24.11*

Oppgave 1

Natriumdubletten består av 2 gule spektrallinjer med bølgelengder $\lambda_1 = 589.6$ nm og $\lambda_2 = 589.0$ nm. Når de nyttes til å belyse et Michelson-interferometer (som vist i forelesningsnotatene s. 221) vil interferensringmønsteret for visse innstillinger av det flyttbare speilet bli svært utydelig (evt. forsvinne). Det skyldes at interferensringene tilhørende de to forskjellige bølgelengdene faller midt mellom hverandre når de observeres (for eksempel med øyet).

Hvor langt må det flyttbare speilet flyttes for at vi skal komme fra en innstilling der dette fenomenet oppstår til en annen (den nærmest liggende) der det igjen oppstår?

Fasit: 0.3 mm

Oppgave 2

Et fly flyr fra direkte over et punkt på et stivt legeme i San Fransisco til direkte over et punkt på et stivt legeme i New York. Vi antar:

1) Flyet flyr med rettlinjet og konstant hastighet lik 300 m/s (1080 km/h) i forhold til jorden.

2) Avstanden mellom punktene målt på jorden er $4.80 \cdot 10^6$ m.

3) Vi ser bort fra jordrotasjon og tyngdekrefter.

Tiden flyet bruker mellom de to punktene måles både av synkroniserte klokker på jorden (kalles Δt_{jord}) og av en klokke i flyet (kalles Δt_{fly}). Finn tidsforskjellen mellom resultatet fra målingen i flyet og resultatet fra målingen på jorda!

Fasit: 8.0 ns

Oppgave 3

Et muon er en elementærpartikkel som har spinn 1/2 (som elektronet) og ladning $\pm e$, men ca. 207 ganger større masse enn elektronet. Muoner er ikke stabile, men har en "midlere" levetid på $2.20 \cdot 10^{-6}$ s målt i et referansesystem der muonet er i ro. Muoner ble først oppdaget i andre ordens kosmisk stråling i 1937. At strålingen er andre ordens, betyr at muonene dannes i jordas øvre atmosfære ved kollisjoner mellom partikler i atmosfæren og partikler fra kosmisk stråling. Muonene kan nå helt ned til havoverfalten før de disintegrerer.

Vi betrakter et muon som beveger seg i retning mot jorda med hastighet $0.990c$.

a) Vi antar at levetiden til dette muonet målt i muonets hvilesystem er akkurat lik midlere levetid, dvs. $2.20 \cdot 10^{-6}$ s. Hvor lenge vil det eksistere ifølge en observatør på jorda?

b) Finn lengden målt av en observatør på jorda, som muonet tilbakelegger mens det eksisterer. (Vi antar at muonet har konstant hastighet lik $0.990c$ relativt jorda hele tiden det eksisterer.) Finn også lengden målt fra muonets hvilesystem mellom de to punktene i jordas refeansesystem (stivt og antas i hele denne oppgaven (med god tilnærmelse) inertialt) der muonet oppstår og desintegrerer.

c) Vis at lengdekontraksjon er konsistent med tidsdilatasjon i dette eksempelet.

Fasit: a) 15.6 μs b) 4630 m; 653 m

Oppgave 4 (Oppgave 3 Eksamen Fysikk 3 02.12.1998)

Vi betrakter et muon som ifølge en observatør i ro på jorda, dannes $1.00 \cdot 10^4$ m over jordas overflate. Vi antar at levetiden til dette muonet (dvs. tiden det eksisterer før det desintegrerer) i et referansesystem der det er i ro, er $2.20 \cdot 10^{-6}$ s.

I hele denne oppgaven ser vi bort fra den akselerasjonen jorda har. Vi antar altså at vi stivt festet til jorda, har et koordinatsystem som er inertialt. Vi antar videre at muonet så lenge det eksisterer, har konstant hastighet med konstant retning mot jordas sentrum.

Finn minimal hastighet (ifølge en observatør i jordas referansesystem) som gjør muonet i stand til å nå fram til jordas overflate før det desintegrerer.
Finn også lengden av jordas atmosfære som muonet har passert (lik $1.00 \cdot 10^4$ m i jordas referansesystem), i muonets referansesystem.

Oppgitt:

- Anta at tidsintervallet mellom to hendelser målt i et referansesystem (inertialsystem) der hendelsene skjer i samme rompunkt, er Δt_0. Da vil en observatør i et annet referansesystem (inertialsystem) med konstant rettlinjet hastighet u i forhold til det første, målte tidsintervallet Δt gitt ved:
$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}$$
mellom de samme to hendelsene. Lyshastigheten c er gitt ved:
$$c = 2.997925 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

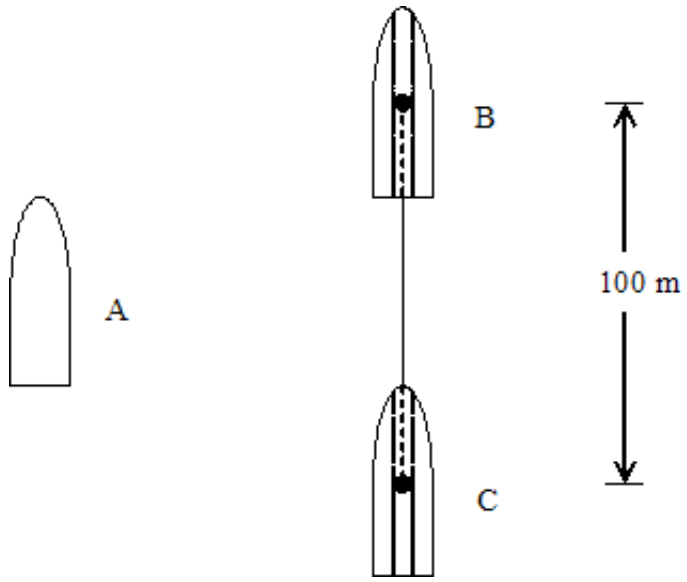
- Anta at en måler lengden av et legeme i et referansesystem (inertialsystem) der legemet er i ro, og finner lengden l_0. Da vil en observatør i et referansesystem (inertialsystem) med

konstant rettlinjet hastighet u i forhold til det første (u er antatt å ha samme retning som l_0), måle lengden l gitt ved:

$$l = l_0\sqrt{1 - u^2/c^2}$$

Oppgave 5 (Oppgave 4 Eksamen Bølgefysikk 06.12.2002)

Vi gjør følgende tankeeksperiment (innen spesiell relativitetsteori). Vi har en opprinnelig situasjon som illustrert på figuren under.



Tre romskip A, B og C går rettlinjet (uten rotasjon) med konstant og eksakt samme hastighet. B og C er konstruert identiske og beveger seg langs samme rette linje. A beveger seg parallelt B og C. Avstanden fra A til B er lik den fra A til C. Avstanden fra sentrum av B til sentrum av C er 100 m målt i det felles hvilesystemet til A, B og C. Fra sentrum av B til sentrum av C er strukket en 100 m lang tråd som antas eksakt lik avstanden mellom festepunktene. Vi antar at denne tråden er så skjør at den kun tåler et strekk som gir en relativ forlengelse på $1.00 \cdot 10^{-4}$.

B og C har identiske akselerasjonsprogram som kan startes med to identiske signal fra A. Disse er slik at begge romskip akselererer langs samme rette linje som de før har beveget seg langs, inntil de begge har nådd en hastighet som relativt til A målt i A's hvilesystem, er $6.00 \cdot 10^6$ m/s.

Vi antar nå at A har sendt signal til B og C samtidig (observert i det da felles hvilesystemet for A, B og C) om å starte akselerasjonsprogrammene og at programmene er fullført slik at tilstanden nå er at B og C igjen har konstant og samme hastighet, men altså forskjellig fra A. Vil tråden ha gått av når den nye hastigheten er oppnådd? Begrunn svaret utførlig! Ta med den regning du mener er nødvendig.

Følgende antagelser kan nyttes for å besvare spørsmålet ovenfor:

1. Alle gravitasjonskrefter kan neglisjeres og akselerasjonene er også så svake at spesiell relativitetsteori kan nyttes.
2. Akselerasjonen under hele akselerasjonsprogrammet er hele tiden så svak at den kraften som nyttes til å akselerere trådens masse, ikke noe sted er stor nok til at tråden brister av denne kraftvirkningen.
3. Tråden er så svak at den har neglisjerbar effekt på bevegelsen til romskipene.

Oppgitt:

- Lyshastigheten c kan i denne oppgaven regnes lik $3.00 \cdot 10^8$ m/s.
- For $x \ll 1$ gjelder:

$$\sqrt{1-x} \approx 1 - \frac{1}{2}x$$
$$\frac{1}{1-x} \approx 1 + x$$

Den følgende oppgaven er ment som en enkel introduksjon til kvantefysikk. De forutsetter ikke kunnskaper i kvantefysikk utover 3FY.

Oppgave 6

Ifølge Einsteins lyskvanthypotese har et lyskvant (foton) for lys med frekvens ν energi $E = h\nu$ ($h = 6.62608 \cdot 10^{-34}$ Js). Bruk bl.a. denne relasjonen til å besvare følgende oppgaver:

a) En lyspære på 40 W sender ut termisk stråling fra en glødetråd med temperatur 3200 K. Omtrent hvor mange fotoner sendes ut pr. sekund? (Anta at fotonene har en midlere frekvens lik $\nu_{\max}$ gitt ved Wiens lov $\nu_{\max} = 5.88 \cdot 10^{10}$ Hz/K $\cdot$ T.)

Anta videre at du ser på denne lyspæren fra en avstand på 2.0 m. Omtrent hvor mange fotoner pr. sekund går da inn i øyet ditt? (Anta at diameteren på pupillen er 5 mm.)

b) Energifluksen av sollys på jordoverflaten er $1.0 \cdot 10^3$ W/m^2. Omtrent hvor mange fotoner treffer jordoverflaten pr. m^2 pr. sekund? Omtrent hvor mange fotoner treffer innenfor en sirkel med diameter 5 mm? (Anta som en grov approksimasjon at alle fotonene fra sola har bølgelengde 550 nm.)

c) Gult lys med bølgelengde $\lambda = 600$ nm kan så vidt oppfattes av det menneskelige øye om det avgir effekter $P = 1.7 \cdot 10^{-18}$ W til netthinnen. Hvor mange fotoner pr. sekund tilsvarer dette?