

Tfy-3.1194 Fysiikka IIB tentti 14.1.2011

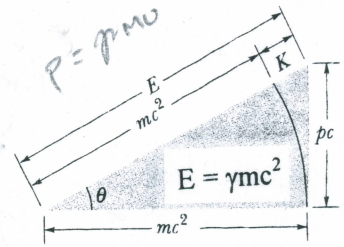
1. Pitkät ohuet tähtijoukot TJ havaitsijoineen lähestyvät x-akselilla toisiaan ja lopulta alkavat ohittaa toisiaan. Kummankin TJ:n pituus on 20,5 valovuotta. Maahavaitsija MH mittaa kummankin TJ:n (vastakkaisiksi) vakiovauhdeiksi saman $0,8c$ (c on valon nopeus). Laske MH:n havaitsema a) TJ:n keskinäinen lähestymisvauhti ja b) kummankin TJ:n pituus. c) Osoita, että TJ:n itsensä mielestä TJ:t lähestyvät toisiaan noin vauhdilla $0,9756c$. d) Miten kauan MH:n mielestä TJ:n koko ohitus kestää (laskettuna TJ:n etupäiden kohtaamisesta)?

$$x' = \gamma(x - vt), y' = y, z' = z, t' = \gamma(t - vx/c^2), \Delta t = \gamma\Delta t_0, L = L_0/\gamma, \gamma = (1 - (v/c)^2)^{-1/2}$$

$$u = (u' + v)/(1 + u'v/c^2), u' = (u - v)/(1 - uv/c^2)$$

Kuva 1

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad v^2 = \frac{2K}{m} \quad L = \frac{L_0}{\gamma} \quad t = t_0\gamma$$



2. a) Osoita, että hiukkasen massa voidaan laskea liike-energian ja liikemäärään avulla yhtälöstä $m = ((pc)^2 - K^2)/2Kc^2$. Vapaan hiukkasen kokonaisenergia on noin 180 MeV ja liike-energia on noin 45 MeV. b) Osoita, että hiukkanen on (massaltaan) pioni, jonka massa on noin $134,98 \text{ MeV}/c^2$. Laske hiukkasen c) liikemäärä ja d) nopeus. e) Laske tämän hiukkasäteilyn (de Broglien) aallonpituus.

Kuva 2, 3

$$R = \lambda N(A)$$

3. Suhteellisuusteoreettisessa x-akselin sironnassa protoni (massa on $938,27 \text{ MeV}/c^2$) törmää (kynnysarvo)liikemäärällä $776,55 \text{ MeV}/c$ levossa olevaan toiseen protoniin (c on valon nopeus). Tällä törmäyksen kynnysarvolla syntyy keskenään samalla nopeudella x-akselilla etenevä kolmen hiukkasen joukko $pp\pi$, jossa on kaksi protonia ja pioni (massa on $134,98 \text{ MeV}/c^2$). a) Perustele, miksi pioni on neutraali (varaukseton). b) Laske sironnan reaktio(massa)energia. c) Osoita, että törmäävän protonin liike-energia on noin $279,67 \text{ MeV}$. d) Laske joukon $pp\pi$ nopeus (c :n avulla lausuttuna).

$$T_{1/2} = Z/\lambda$$

$$c = \lambda \nu$$

$$\lambda = \lambda(1 - \cos\theta)$$

4. Ydinvoimalan uraanin ^{235}U yhdessä fissioreaktiossa FR vapautuu hajoamis(massa)energiaa noin 200 MeV. Oletetaan, että tämä FR:n energia voidaan käyttää hyötysuhteella $\epsilon = 40\%$ ydinvoimalassa, jonka jatkuva sähköntuoton teho on 1600 MW (Olkiluoto 3:n tapaisesti). a) Montako FR tarvitaan vuorokauden (24 h) energiantuotantoon? b) Paljonko polttoainemassaa (uraania) kuluu vuorokaudessa? Tiedetään, että noin 6% FR:sta tuottaa strontiumin isotooppia ^{90}Sr , jonka puoliintumisaika on noin $T = 28,79 \text{ a}$ (vuotta). c) Laske vuorokaudessa ($\ll T$, eli strontium ei käytännössä ehdi hajota) tuotetun strontiumin radioaktiivisuus curieissa.

$$R = R_0 e^{-\lambda t}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

5. Kvanttimekaaninen hiukkanen (massa on m) liikkuu x-akselilla laatikossa (syvässä potentiaalienergiakuopassa), jonka leveys on L ($U = 0$ välillä $0 < x < L$, muualla $U = \infty$). a) Perustele, miksi voidaan sanoa, että kuopan seinät ovat "kovia". b) Mikä on probleeman tilanfunktion ψ laatu SI-järjestelmässä? c) Osoita, että energian (eli Hamiltonin (energia)operaattorin) ominaisfunktiot ovat probleeman ratkaisuja muodossa $\psi = \sqrt{2/L} \sin(kx)$. d) Laske k :n riippuvuus kvanttiluvusta n ja laatikon leveydestä L . e) Osoita, että kvanttiluvulla n hiukkasen energia on muotoa $n^2 \cdot E_1$, missä E_1 on perustilan $n = 1$ energia $h^2/8mL^2$. f) Laske n :n ja L :n avulla hiukkasen edestakaisen liikkeen nopeus (neliöllinen keskimääräinen (rms) nopeus).

$$\lambda = \frac{h}{mc}$$

Kuva 5
$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2} [E - U(x)] \psi = 0$$

$$E = K = \frac{n^2 h^2}{8mL^2} \quad k = \frac{p}{\hbar} \quad p = mv \quad v = \frac{p}{m} \quad K = (p - 1)mc^2$$

1 kWh = $3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$, 1 eV = $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 10^{-7} \cdot c^2 = 8,99 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ ($\text{C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$), $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ (N/A^2), $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 511 \text{ keV}/c^2$, $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 938,27 \text{ MeV}/c^2 = 1,007276u$, $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 939,57 \text{ MeV}/c^2 = 1,008665u$, $m_\alpha = 4,001506u$, atomeina $m_p = 1,007825u$ ja $m_\alpha = 4,002603u$, $1u = 10^{-3}/N_A = 10^{-3}/6,022 \cdot 10^{23} = 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,494 \text{ MeV}/c^2$, $h = 2\pi\hbar = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}/c$, 1 la (ly) (valovuosi) = $c \cdot 1a = 9,461 \cdot 10^{15} \text{ m}$, 1 a (vuosi) = $3,156 \cdot 10^7 \text{ s}$, 1 Bq = 1 1/s, 1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

Opiskelijanumero (myös kirjain), nimi, koulutusohjelma, opintojakson koodi ja kokeen päivämäärä jokaiseen suorituspaperiin.