

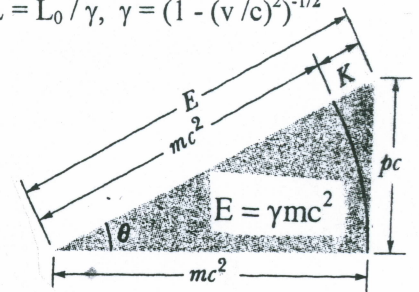
Tfy-3.1194 Fysiikka IIB tentti 6.9.2012

1. Väripalloampujat P (punainen) ja V (vihreä) käyvät x-akselilla kaksintaistelua, jota valvoo heidän ohitseensa P:stä V:hen vakionopeudella $0,6c$ (c on valon nopeus) liikkuva sheriffi S. S mittaa P:n ja V:n väliseksi etäisyydeksi $0,2$ valovuotta ja toteaa valvoessaan, että P ja V ampuvat pallot rehellisesti eli toisiaan kohti samanaikaisesti. a) Kumpi (P vai V) ampuu todellisuudessa aikaisemmin (ampujien lepokoordinaatistossa AL) ja b) kuinka monta kuukautta (1 vuosi = 12 kk) aikaisemmin? c) Laske P:n ja V:n todellinen (invariantti) AL:ssa mitattu etäisyys. P ja V osuvat toisiinsa (havaintijasta riippuvalla ajanhetkellä). d) Laske S:n mittaama osuimien välinen aikaero kuukausissa.

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

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

2. Suhteellisuusteoreettisen pionin liike-energia on $5,4421$ MeV, kun se hajoaa massaenergiää $33,912$ MeV vapauttavassa eksoergisessä reaktiossa massattomaksi neutriinoksi ja paikalleen lepotilaan jääväksi myoniksi. Laske a) pionin ja b) myonin massat, c) neutriinon liikemäärä ja d) pionin suhteellisuusteoreettinen nopeus.



Kuva 2,3

3. Kimmoisassa törmäyksessä monoenergeettiset 149 MeV:n gammasäteet GS osuvat levossa oleviin hiukkasiin, joiden suurimmaksi liike-energiaksi SL sironnan jälkeen mitataan 110 MeV. a) Laske SL-hiukkasten liikemäärä (yksiköissä MeV/c, missä c on valon nopeus) ja b) niistä siroavan GS:n aallonpituus femtometreissä (femto = 10^{-15}). c) Osoita, että hiukkaset ovat (massaltaan) myoneja, joiden massa on noin $105,7$ MeV/c². d) Laske SL-myonien vauhti c :n avulla lausuttuna.
4. Insinööri IN valmistaa harvinaisesta (käytännössä) stabiilista luonnon vismutista $^{209}_{83}\text{Bi}$ ydinreaktorissa synteettistä vismuttia $^{210}_{83}\text{Bi}$, joka nopeahkosti hajoaa avaruuslaitteissa käytettäväksi paristonuklidiksi poloniumiksi $^{210}_{84}\text{Po}$ (puoliintumisaika on $138,38$ d (vuorokautta)). Osoita, että a) synteettinen Bi syntyy neutroniaktiivoinnilla (-pommituksella) ja b) Po syntyy beetahajonnalla (plus- vai miinusmerkkisellä?). IN valmistaa näin $0,222$ mg Po. c) Osoita, että tämä pieni määrä Po on yhtä aktiivista kuin noin gramman määrä hyvin aktiivista perussäteilijää radiumia ^{226}Ra (puoliintumisaika on 1600 a (vuotta)). d) Laske, paljonko suhteellisesti (prosentuaalisesti) Po on jäljellä kahden vuoden eli $2 \times 365,25$ d kuluttua.
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) Osoita, että energian (eli Hamiltonin (energia)operaattorin) ominaisfunktiot ovat probleeman ratkaisuja muodossa $\psi = \sqrt{2/L} \sin(kx)$. b) Laske k :n riippuvuus kvanttiluvusta n ja laatikon leveydestä L . c) Osoita, että kvanttiluvulla n hiukkasen (neliöllinen keskimääräinen (rms)) liikemäärä on $nh/2L$. d) Laske hiukkasen edestakaisen liikkeen pienin (rms) nopeus v . Kokeessa todetaan, että tällaisen aineen elektronien (massa on $0,511$ MeV/c², missä c on valon nopeus) nopeus on $v = 0,00364c$. e) Laske laatikon leveys L .

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

$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$, $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 10^{-7} \cdot \text{C}^2 = 8,99 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$,
 $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ ($\text{C}^2/\text{N/m}^2$), $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ (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 $m_\alpha = 4,002603u$, $1u = 10^{-3}/N_A = 10^{-3}/6,022 \cdot 10^{23} = 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,494 \text{ MeV}/c^2$, $h = 2\pi\hbar = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} =$
 $1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}/c$, $1 \text{ } \ell\text{a}$ (ℓy) (valovuosi) = $c \cdot 1a = 9,461 \cdot 10^{15} \text{ m}$, 1 a (vuosi) = $3,156 \cdot 10^7 \text{ s}$, $1 \text{ Bq} = 1 \text{ 1/s}$, $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

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