

Tfy-3.1194 Fysiikka IIB, tentti 11.1.2013

**Taulukot tai muut muistiinpanot eivät ole sallittuja.
Ylioppilaskirjoituksissa hyväksyty laskin on sallittu.**

Perustele vastauksesi.

Tenttiin ilmoittautuminen on edellytys tenttiin osallistumiselle.

1. Insinööri IN päättää lähteä matkalle Siriukseen, joka on maan lähitähtiä. Siriukseen on matkaa 8,6 valovuotta ja IN:n raketti kulee nopeudella $v = 0,72c$.

- Kuinka kauan IN:n matka Siriukseen kestää maahavaitsijan mielestä?
- Kuinka kauan matka kestää IN:n mielestä?
- Kuinka pitkä matka on IN:n mielestä?

2. Elektronimikroskoopin resoluution teoreettisen rajan asettaa käytettävien elektronien aallonpituus. Mikä on resoluution raja mikroskoopille, jossa elektroneja kiihdytetään jännitteellä 120 kV?

3. Elektroni on yksiulotteisessa harmonisessa potentiaalissa $U(x) = \frac{1}{2}Cx^2$. Elektronin perustilan aaltofunktio on muotoa $\psi(x) = Ae^{-Bx^2}$, missä A ja B ovat vakioita.

- Osoita, että elektronin perustilan energia on

$$E = \frac{\hbar}{2} \sqrt{\frac{C}{m_e}}$$

- Millä välillä elektroni voi klassisesti liikkua? Entä kvanttimekaanisesti?

4. Vapaaelektronimallin mukaan johtavuuselektronien tilatiehyys metallissa on

$$g(E) = \frac{8\sqrt{2}\pi m_e^{3/2}}{h^3} E^{1/2}$$

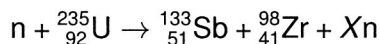
- Osoita, että vapaaelektronimallin mukaan metallin Fermi-energia on

$$E_F = \frac{h^2}{8m_e} \left(\frac{3N}{\pi V} \right)^{2/3}$$

missä $\frac{N}{V}$ on johtavuuselektronien tiheys.

- Kuparissa johtavuuselektronien tiheys on $8,4 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$. Kuinka suuri on kuparin Fermi-nopeus?

5. Yksi fissioreaktorissa tapahtuvista uraanin hajoamisreaktiosta on



missä X on syntyvien neutronien lukumäärä.

- Kuinka suuri on X eli kuinka monta neutronia yhdessä reaktiossa syntyy?
- Selitä, mikä rooli syntyvillä neutroneilla on fissioreaktorissa.
- Reaktioon osallistuvien ytimien massat ovat $m_{\text{U}} = 235,043930 \text{ u}$, $m_{\text{n}} = 1,008665 \text{ u}$, $m_{\text{Sb}} = 132,915250 \text{ u}$ ja $m_{\text{Zr}} = 97,910328 \text{ u}$. Laske kuinka suuri massa urania täytyy hajottaa, jotta saataisiin tuotettua 4700 MW lämpöteho vuoden ajan.

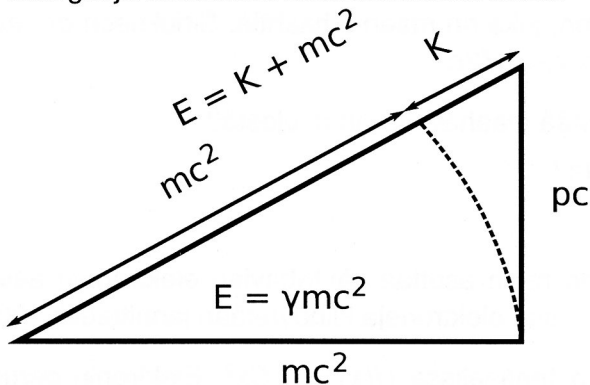
Muutamia hyödyllisiä seikkoja:

1. Lorentz-muunnos:

$$\begin{cases} x = \gamma(x' + vt') \\ y = y' \\ z = z' \\ t = \gamma\left(t' + \frac{vx'}{c^2}\right) \end{cases}$$

missä $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$ ja $\beta = v/c$.

2. Energia ja liikemäärä suhteellisuustoriassa:



3. Schrödingerin yhtälö:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} \psi(x) + U(x)\psi(x) = E\psi(x)$$

4. Luonnonvakioita:

(a) Valon nopeus $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s

(b) Alkeisvaraus $q = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C

(c) Planckin vakio $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$

(d) Elektronin massa $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg = 0,511 MeV/c²

(e) Atomimassayksikkö 1 u = 1,6605 · 10⁻²⁷ kg = 931,49 MeV/c²

(f) α -hiukkasen massa $m_\alpha = 4,00$ u