

1. Plancki kvantühypoteesi sisu. Kuidas saab Plancki konstandi abil eraldada klassikalise maailma (kus kõik füüsikalised suurused võivad pidevalt muutuda) kvantmaailmast (kus paljud füüsikalised suurused omavad ainult diskreetseid väärtusi)?

2. Kui inimese keha mass on 50 kg ja liikumise kiirus 1 m/s (kiirus on mõõdetud mõõtmisetapsusega 10^{-5} m/s). Millise täpsusega on vaja mõõta keha koordinaati, et paljastada keha kvantomadused? Kas selline keha on kvant või klassikaline objekt?

NB! Kriteeriumiks on määramatuse seos (Heisenbergi määramatuse printsiip) - keha on kvant objektiks kui $\Delta x \cdot \Delta v \leq \hbar/m$. Antud valemis m - keha mass, Δx - keha koordinaadi mõõtemääramatus, Δv - keha kiirusemõõtemääramatus. See tähendab, et kõik meie maailma objektid on kvant. Ainus küsimus on selles, kas meie mõõtmised on selle kvantomaduste paljastamiseks on piisavalt täpned?

3. Kiirgamisvõime ja neelamisvõime difinitsioon. Absoluutselt must keha - mis see on? Kiirgamisvõime ja neelamisvõime mõõtmise ühikud.

4. Kas on võimalik näidata, et mistahes keha kiirgusvõime on väiksem kui absoluutselt musta keha kiirgamisvõime (temperatuurid on samad)?

5. Kirchhoffi seadus. Kuidas Kirchhoffi seadus väljanäeb absoluutselt musta keha jaoks?

6. Kas saab näidata (Kirchhoffi seaduse abiga) et ideaalne peegel (peegeldab kogu langevat energiat) ise ei kiirga elektromagnetlainet?

7. Stefan-Boltzmanni seadus. Kui palju energiat kiirgab inimese keha üheks sekundiks? (Keha temperatuur on 36,60 C ja kogu keha pindala $2m^2$)

8. Rohelise valguse lainepikkus on 540 nm, arvutage vastutav footoni energiat.

9. Wieni nihke seadus. Veega (täht) korral kiirgamisvõime maksimum lainepikkusel 320nm. Arvutage tähe pinnatemperatuurit.

10. Formuleerige Kirchhoffi seadust. Kiirgamisvõime ja neelamisvõime seos.

Mõned valemid ja mõisted erirelatiivsuse teooriast.

Koguenergia ja kineetiline energia.

$E = m \cdot c^2$ - keha kogu energia, c – valguse kiirus vaakuumis 299 792 458 m/s. Antud valemis keha mass m omakorda sõltub kiirust järgmiselt $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, siis koguenergia jaoks $E = \frac{m_0 \cdot c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

Keha koguenergia koosneb tegelikult kahest osast (saab niimoodi esitada): $E = m_0 \cdot c^2 + E_{\text{kineetiline}}$ siin $m_0 \cdot c^2$ - puhkeenergia ja m_0 - niinimetatakse puhkemass. Siis kineetiline energia arvutatakse

valemiga $E_{\text{kineetiline}} = \frac{m_0 \cdot c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 \cdot c^2$ ja kineetilise massi jaoks $m_{\text{kineetiline}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0$. Saab näita

et kui keha kiirus on palju korda väiksem kui valguse kiirus vakuumis $v \ll c$, siis

$E_{\text{kineetiline}} \approx \frac{1}{2} m_0 \cdot v^2$ - klassikaline valem aga ta ei ole täpne. See valem töötab hästi ainult tingimusel $v \ll c$.

Impulss.

Arvutatakse valemiga $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$. Kui võtame arvesse massi sõltuvuse kiirust $\vec{p} = \frac{m_0 \cdot \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

Koguenergiat $E = m \cdot c^2$ saab ka arvutada impulssi abiga $E = \sqrt{p^2 \cdot c^2 + m_0^2 \cdot c^4}$ (saab kontrollida!).

Footon.

Ülaltoodud valemid on rakendatavad nullist erineva puhkemassiga kehadele (elektron, prooton jne). Siiski on osakesi, mille puhkemass on null, näiteks footon. Kuna footoni puhkemass on null, eksisteerib ta ainult valguse kiirusel liikudes.

Footoni energia arvutatakse Planki valemiga $E = h \cdot \nu$ või (see valem on universaalne) $E = m \cdot c^2$. Siin $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ - Planki konstant, ν - vastava elektromagnetlainete sagedus mille seotud laine pikkusega λ ja valguse kiirusega vakuumis järgmiselt $c = \lambda \cdot \nu$.

Footoni kineetiline mass (seotud footoni liikumisega valguse kiirusega) arvutatakse nii:

$$h \cdot \nu = m \cdot c^2 \Rightarrow m = \frac{h \cdot \nu}{c^2} \text{ ja footoni impulssi saab arvutada valemiga } p = m \cdot c = \frac{h \cdot \nu}{c}.$$

Ülesanded.

11. On antud elektromagnetlainete mille lainepikkus on 5000 nm. Arvutage vastav footoni kineetilise mass ja impulss?
12. Elektron liigub kiirusega $v = 0,98 c$. Siin c – valguse kiirus vakuumis. Mitu korda on elektroni mass suurem kui elektroni puhkemass?
13. Kui suur footoni puhkenergia?
14. Millise kiirusega peab keha liikuma, et puhkemass oleks võrdne sama keha kineetilise massiga?
15. Näidake et $m \cdot c^2 = \sqrt{p^2 \cdot c^2 + m_0^2 \cdot c^4}$.