

1-Amaliy mashg'ulot

Masalalar yechish namunalari



1-masala. Elektronning kinetik energiyasi $T = 1 \text{ MeV}$.

Elektronning tezligi aniqlansin.

Yechilishi. Kinetik energiyaning relyativistik $T = E_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right)$ formulasi nisbiy tezligi β ga nisbatan o'zgartirishlar qilib zarraning yorug'lik tezligining ulushlarida ($\beta = v/c$) ifodalangan tezligini topamiz:

$$\beta = \frac{\sqrt{(2E_0+T)T}}{E_0+T} \quad (1)$$

bu yerda, E_0 – elektronning tinchlikdagi energiyasi (0,511 MeV). Bu formula bo'yicha hisoblashlarni energiyaning istalgan birliklarida bajarish mumkin, chunki formulaning o'ng tomonidagi birliklar qisqarib ketadi va hisoblash natijasida birliksiz son olinadi.

E - va T – larning son qiymatlarini megaelektron voltlarda qo'yib, quyidagini olamiz:

$$\beta = 0,941.$$

$$v = \beta c$$

ekanligidan,

$$v = 2,82 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

T kinetik energiyali zarra relyativistik yoki klassik ekanligini aniqlash uchun zarraning kinetik energiyasini uning tinchlikdagi energiyasi bilan solishtirish yetarli.

Agar $\frac{T}{E_0} \ll 1$ bo'lsa, u holda zarrani klassik deb hisoblash mumkin. Bu holda (1) relyativistik formula klassik ko'rinishga o'tadi:

$$\beta = \sqrt{2T/E_0} \quad \text{yoki} \quad v = \sqrt{2T/m_0}.$$

2-masala. $v = 0,9 c$ tezlik bilan harakatlanayotgan elektronning relyativistik impulsi p va kinetik energiyasi T aniqlansin (bunda, c – yorug'likning vakuumdagi tezligi).

Yechilishi. Relyativistik impuls

$$p = m_0 c \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (1)$$

(1) formula bo'yicha hisoblash o'tkazib quyidagini olamiz

$$p = 5,6 \cdot 10^{-22} \text{ kg} \cdot \text{m/s}.$$

Relyativistik mexanikada zarraning kinetik energiyasi T zarraning to'liq E va tinchlikdagi E_0 energiyalari orasidagi farq sifatida aniqlanadi, ya'ni

$$T = E - E_0$$

$E = mc^2$ va $E_0 = m_0c^2$ ekanligidan, massaning tezlikka bog'liqligini nazarda tutib, quyidagini olamiz

$$T = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} - m_0c^2$$

yoki uzil-kesil ravishda

$$T = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right) \quad (2)$$

hisoblashlarni bajarsak,

$$T = 106 \text{ fJ} \text{ natijani olamiz.}$$

Energiyaning sistemaga kirmaydigan birliklarida elektronning tinchlikdagi energiyasi $m_0c^2 = 0,51 \text{ MeV}$. Bu qiymatni (2) formulaga qo'ysak,

$$T = 0,66 \text{ MeV} \text{ bo'ladi.}$$

3-masala. Kinetik energiyasi $T = m_0c^2$ bo'lgan relyativistik zarra (m_0 – zarraning tinchlikdagi massasi) tinchlikdagi (laboratoriya sanoq tizimida) xuddi shunday zarraga noelastik uriladi. Bunda qo'shma zarra hosil bo'ladi, ya'ni ikkala zarra birgalikda harakatlanadi. 1) harakatlanuvchi zarraning relyativistik massasi m ; 2) qo'shma zarraning relyativistik massasi m va tinchlikdagi massasi m_0 ; 3) uning kinetik energiyasi T aniqlansin.

Yechilishi. 1. Harakatlanayotgan zarraning urilishgacha bo'lgan relyativistik massasi m ni relyativistik zarra kinetik energiyasining ifodasi $T = (m - m_0)c^2$ dan topamiz. $T = m_0c^2$ ekanligidan $m = 2m_0$.

2. Qo'shma zarraning relyativistik massasini topish uchun zarralarning yig'indi relyativistik massasi saqlanishidan¹ foydalanamiz: $m + m_0 = m'$, bunda $m + m_0$ –

¹ Bu qonunni, misol uchun, quyidagi kitobdan qarang: Савельев И.В. Курс общей физики. –М.: Наука, 1977. Т.1, 70-§

zarralarning to'qnashishgacha bo'lgan yig'indi relyativistik massasi; m' – qo'shma zarraning relyativistik massasi, $m = 2m_0$ ekanligidan

$$m' = 3m_0$$

Qo'shma zarraning tinchlikdagi massasi m_0 ni

$$m' = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v'}{c}\right)^2}} \quad (1)$$

munosabatdan topamiz. Qo'shma zarraning v' tezligini (u massa markazining laboratoriya sanoq sistemasidagi tezligi bilan mos keladi) impulsning saqlanish qonuni $p = p'$ dan topish mumkin (bunda p – relyativistik zarraning to'qnashishgacha bo'lgan impulsi; p' – qo'shma relyativistik zarraning impulsi). p ni kinetik energiya T orqali ifodalaymiz:

$$p = (1/c)\sqrt{(2E_0 + T)T}$$

$T = E_0 = m_0c^2$ ekanligidan

$$p = \frac{1}{c}\sqrt{(2m_0c^2 + m_0c^2)m_0c^2} = m_0c\sqrt{3}$$

Relyativistik impuls $p' = m'v'$, $m' = 3m_0$ ekanligini hisobga olib, impulsning saqlanish qonunini $m_0c\sqrt{3} = 3 \cdot m \cdot v'$ ko'rinishda yozish mumkin. Bundan

$$v' = \frac{c}{\sqrt{3}}$$

v' va m' larning ifodasini (1) formulaga qo'yib, qo'shma zarraning tinchlikdagi massasini topamiz:

$$m'_0 = 3 m_0 \sqrt{1 - (1 / \sqrt{3})^2} \quad \text{yoki} \quad m'_0 = m_0 \cdot \sqrt{6} .$$

3. Qo'shma relyativistik zarraning kinetik energiyasi T' ni uning to'liq energiyasi $m'c^2$ va tinchlikdagi energiyasi m'_0c^2 ning farqi sifatida topamiz

$$T' = (m' - m'_0) \cdot c^2 .$$

m' va m'_0 larning ifodalarini o'rniga qo'yib, quyidagini olamiz

$$T' = (3m_0 - \sqrt{6}m_0) \cdot c^2 = (3 - \sqrt{6}) \cdot m_0c^2 = 0,55m_0c^2.$$