

МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
РЕЛЯТИВИСТСКИХ
ПРИНЦИПОВ ПРИ РЕШЕНИИ
ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ
ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Кенжаев Зафар Муродуллаевич

МБОУ СОШ с.Константиновка

Задача 1. Ускоритель сообщил радиоактивному ядру скорость $0,4c$, где c – скорость света в вакууме. В момент вылета из ускорителя ядро выбросило в направлении своего движения β - частицу со скоростью $0,75c$ относительно ускорителя. Определите скорость частицы относительно ядра. Ответ представьте в мегаметрах за секунду.

| Дано: | Решение: |
|---|---|
| $v = 0,4c$ $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ $v_x = 0,75c$ | <p data-bbox="697 544 1843 686">Используем релятивистский закон сложения скоростей.</p> $v_x = \frac{v_{x'} + v}{1 + \frac{v_{x'} \cdot v}{c^2}}$ |
| $v_{x'} = ?$ | |

Здесь v_x – скорость β - частицы в системе отсчета, связанной с ускорителем; $v_{x'}$ – скорость β - частицы в системе отсчета, связанной с ядром; v – скорость инерциальной системы, связанной с ядром, относительно системы отсчета, связанной с ускорителем.

Тогда скорость частицы относительно ядра

$$v_{x'} = \frac{v_x - v}{1 - \frac{v_x \cdot v}{c^2}}$$

$$v_{x'} = \frac{0,75c - 0,4c}{1 - \frac{0,75c \cdot 0,4c}{c^2}} = \frac{c}{2} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ (м/с)} = 150 \text{ (Мм/с)}$$

Ответ: $v_{x'} = 150 \text{ Мм/с}$

Задача 2. Собственное время жизни некоторой нестабильной частицы 10 нс. Найдите путь, пройденный этой частицей до распада в неподвижной системе отсчета, если её время жизни в ней 20 нс. Ответ представьте в единицах СИ и округлите до десятых.

| Дано: | Решение: |
|--|---|
| $\tau_0 = 10 \text{ нс} = 10^{-8} \text{ с}$ $\tau = 20 \text{ нс} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ с}$ $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ | Путь, пройденный частицей до распада в неподвижной системе отсчета $S = v\tau$ |
| $S = ?$ | τ и τ_0 связаны соотношением |

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Выразим отсюда скорость с которой движется частица.

$$v = c \sqrt{1 - \left(\frac{\tau_0}{\tau}\right)^2}$$

$$S = v\tau = c \sqrt{1 - \left(\frac{\tau_0}{\tau}\right)^2} \cdot \tau$$

Подставим численные значения.

$$S = 3 \cdot 10^8 \sqrt{1 - \left(\frac{10^{-8}}{2 \cdot 10^{-8}}\right)^2} \cdot 2 \cdot 10^{-8} = 5,2 \text{ (м)}$$

Ответ: $S = 5,2 \text{ м}$

Задача 3. Энергия покоя электрона 0,51 МэВ ($1 \text{ МэВ} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$). Какова скорость электрона после сообщения ему энергии 1 МэВ в ускорителе? Результат представьте в гигаметрах за секунду ($1 \text{ Гм/с} = 10^9 \text{ м/с}$) и округлите до сотых. Скорость света в вакууме $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.

Дано:

Решение:

$$E_0 = 0,51 \text{ МэВ}$$

$$E_k = 1 \text{ МэВ}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$1 \text{ МэВ} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$$

$$1 \text{ Гм/с} = 10^9 \text{ м/с}$$

$$v = ?$$

энергия покоя

Электрон в ускорителе приобретает кинетическую энергию, которую можно определить как разность между полной энергией и энергией покоя

$$E_k = E - E_0.$$

Полная энергия

$$E = mc^2,$$

$$E_0 = m_0c^2.$$

Масса релятивистской частицы и ее масса покоя связаны соотношением:

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

Тогда

$$\begin{aligned} E_k &= mc^2 - m_0c^2 = c^2(m - m_0) = \\ &= c^2\left(\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0\right) = E_0\left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1\right) \end{aligned}$$

После математических преобразований находим скорость электрона

$$\begin{aligned} v &= c \sqrt{1 - \left(\frac{E_0}{E_0 + E_k}\right)^2} \\ v &= 3 \cdot 10^8 \sqrt{1 - \left(\frac{0,51}{0,51 + 1}\right)^2} = 2,82 \cdot 10^8 \text{ (м/с)} = 0,28 \text{ (ГМ/с)} \end{aligned}$$

Ответ: $v = 0,28 \text{ ГМ/с}$