



Принципи (постулати) теорії відносності Ейнштейна.

Розв'язування задач



Повторення теоретичного матеріалу

- Відносність відстаней.
- Відносність інтервалів часу.
- Залежність маси від швидкості.
- Релятивістський закон додавання швидкостей.
- Імпульс тіла. Зв'язок маси й енергії.



$$t = t_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Основні формули

$$l = l_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

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

$$v_2 = \frac{v_1 + v}{1 + \frac{v_1 v}{c^2}}$$

$$p = m \cdot v = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Розв'язування задач

- Яку масу має протон, що летить з швидкістю $2,4 \cdot 10^8 \text{ м/с}$? Вважати, що маса протона дорівнює 1 а.о.м.
- $1 \text{ а.о.м.} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$

Дано :

$$v = 2,4 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$m_0 = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$m - ?$$



Розв'язування задач

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$m = \frac{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}}{\sqrt{1 - \frac{5,76 \cdot 10^{16}}{9 \cdot 10^{16}}}} = \frac{1,66 \cdot 10^{-27}}{\sqrt{1 - 0,64}} = 2,77 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$



Розв'язування задач

- На скільки збільшиться маса - частинки (в а.о.м.), якщо її швидкість збільшиться від 0 до 0,9с? Вважати, що маса спокою - частинки 4 а.о.м.

Дано :

$$v = 0,9c$$

$$m_0 = 4 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$m - ?$$

$$\Delta m - ?$$



Розв'язування задач

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$m = \frac{6,64 \cdot 10^{-27}}{\sqrt{1 - \frac{0,81c^2}{c^2}}} = 15,09 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$m = \frac{15,09 \cdot 10^{-27} \text{ кг}}{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}} = 9,09 \text{ а.о.м.}$$

$$\Delta m = 9,09 - 4 = 5,09 \text{ а.о.м.}$$



Розв'язування задач

- З якою швидкістю має летіти протон ($m = 1$ а.о.м.), щоб його маса дорівнювала масі спокою - частинки ($m = 4$ а.о.м.)?

Дано :

$$m_0 = 1 \text{ а.о.м.}$$

$$m = 4 \text{ а.о.м.}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$v = ?$$



Розв'язування задач

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{m_0}{m}$$

$$1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{m_0^2}{m^2}$$

$$\frac{v^2}{c^2} = 1 - \frac{m_0^2}{m^2}$$

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

$$v = c \sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}}$$

$$v = 3 \cdot 10^8 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{16}} = 2,9 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$



Розв'язування задач

- Ракета рухається відносно Землі з $v = 0,99c$ (фотонна ракета). По годиннику спостерігача в ракеті пройшло 10 с. Який час пройшов по годиннику спостерігача на Землі?

Дано :

$$v = 0,99c$$

$$\tau_0 = 10\text{с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$\tau - ?$$



Розв'язування задач

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

$$\tau = \frac{10}{\sqrt{1 - \frac{(0,99c)^2}{c^2}}} = \frac{10}{\sqrt{1 - 0,9801}} = \frac{10}{\sqrt{0,0199}} = \frac{10}{0,141} = 71$$



Розв'язування задач

- З якою швидкістю повинен рухатися космічний корабель, щоб його шлях при вимірюванні з Землі був у 2 рази менший?

Дано :

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$l = \frac{l_0}{2}$$

$$v - ?$$



Розв'язування задач

$$l = l_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\frac{l_0}{2} = l_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\frac{l_0^2}{4} = l_0^2 \cdot \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)$$

$$\frac{3}{4} = \frac{v^2}{c^2}$$

$$v = \sqrt{c^2 \cdot \frac{3}{4}} = c \cdot 0,75 = 3 \cdot 10^8 \cdot 0,86 = 2,6 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$



Розв'язування задач

- У скільки разів сповільнюється інтервал часу (по годиннику «нерухомого» спостерігача) при швидкості $=27000\text{км/с}$?

Дано :

$$v = 27 \cdot 10^6 \text{ м/с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$\frac{\tau_0}{\tau} - ?$$



Розв'язування задач

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

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

$$\frac{\tau_0}{\tau} = \sqrt{1 - \frac{7,29 \cdot 10^{14}}{9 \cdot 10^{16}}} = \sqrt{1 - \frac{0,81}{10^2}} = \sqrt{1 - 0,0081} = 0,99$$

