

## 14 Основные формулы СТО

Пусть изолированное тело<sup>1</sup> покоится в данной системе отсчета. Согласно Эйнштейну это тело обладает так называемой **энергией покоя**:

$$E_0 = mc^2. \quad (1)$$

Формула (1) утверждает, что любое тело обладает энергией просто благодаря тому, что оно существует. Соотношение (1) называют *формулой Эйнштейна*.

Пусть теперь изолированное тело движется в некоторой системе отсчета. Тогда его **полная энергия**<sup>2</sup> в этой системе вычисляется по формуле:

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (2)$$

где  $v$  — скорость тела.

Выражение для энергии (2) позволяет сделать следующие выводы о возможных скоростях движения материальных объектов.

- При  $v \rightarrow c$  полная энергия массивного тела стремится к бесконечности ( $E \rightarrow \infty$ ), что невозможно. Это значит, что *скорость  $v$  массивного тела всегда меньше скорости света в вакууме:  $v < c$* .
- Энергия безмассовой частицы (например, фотона) по формуле (2) получается нулевой, хотя тот же фотон (как частица света) энергию имеет! Поэтому приходится принять, что *безмассовая частица всегда движется со скоростью света в вакууме*<sup>3</sup> (тогда формула (2) просто отказывает — формулы для энергии безмассовых частиц находят в квантовой физике).

**Релятивистский импульс**<sup>4</sup> движущегося тела равен:

$$\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (3)$$

**Связь энергии и импульса** есть следующее соотношение:

$$E^2 - (pc)^2 = (mc^2)^2. \quad (4)$$

**Задача.** Мощность общего излучения Солнца  $3,83 \cdot 10^{26}$  Вт. На сколько в связи с этим уменьшается ежесекундно масса Солнца?

*Решение.* С учетом определения мощности энергия, отдаваемая ежесекундно Солнцем, равна:  $\Delta E = P \cdot t = 3,83 \cdot 10^{26} \cdot 1 = 3,83 \cdot 10^{26}$  Дж.

Ясно, что «неподвижное» Солнце теряет свою энергию покоя, значит его масса уменьшается (формула (1)). Поскольку в формуле (1) энергия покоя тела прямо пропорциональна его массе, то искомое изменение массы равно:

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{3,83 \cdot 10^{26}}{(3 \cdot 10^8)^2} \approx 4,26 \cdot 10^9 \text{ кг}.$$

---

<sup>1</sup>Изолированное тело — это тело, практически не взаимодействующее с другими телами.

<sup>2</sup>Или просто энергия.

<sup>3</sup>Согласно СТО даже в среде безмассовая частица движется со скоростью  $c$  света.

<sup>4</sup>*Релятивистский* — значит устанавливаемый в СТО.