A. Einstein, Ann. Phys. **18,** 639 **1905**

ЗАВИСИТ ЛИ ИНЕРЦИЯ ТЕЛА ОТ СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В НЕМ ЭНЕРГИИ?

А. Эйнштейн
Берн, Швейцария
(Получено 27 сентября 1905 года)

— — ⋄ ◇ ⋄ — —

Русский перевод взят из сборника: “Собрание научных трудов” Под редакцией И.Е. Тамма М. Наука, 1966, т. 1, стр. 36.

— — ⋄ ◇ ⋄ — —

Результаты ранее опубликованного исследования[1] приводят нас к очень интересному следствию, вывод которого будет дан в этой статье.

В предыдущем исследовании я исходил, кроме уравнений Максвелла-Герца для пустоты и формулы Максвелла для электромагнитной энергии пространства, еще из следующего принципа.

Законы по которым изменяются состояния физических систем, не зависят от того, к какой из двух координатных систем, движущихся равномерно и прямолинейно относительно друг друга, отнесены эти изменения состояния (принцип относительности). Исходя из этого [2] я, в частности, пришел к следующему результату (см. § 8 цитированной выше работы).

Пусть система плоских волн света, отнесенная к координатной системе (x, y, z), обладает энергией l и пусть направление луча (нормаль к фронту волны) образует угол φ с осью x системы. Если ввести новую координатную систему $(\xi,\ \eta,\ \zeta)$, движущуюся равномерно и прямолинейно относительно системы (x, y, z), и если начало координат первой системы движется со скоростью v вдоль оси x, то упомянутая энергия света, измеренная в системе $(\xi,\ \eta,\ \zeta)$, будет

$$l^* = l\frac{1 - \dfrac{v}{V}\cos\varphi}{\sqrt{1-(v/V)^2}},$$

[1] Ann. Phys., 1905, 17, 891.

[2] Использованный там принцип постоянства скорости света содержится, конечно, в уравнениях Максвелла.

где V – скорость света. В дальнейшем мы воспользуемся этим результатом.

Пусть в системе (x, y, z) находится покоящееся тело, энергия которого, отнесенная к системе (x, y, z), равна E_0. Энергия этого же тела, отнесенная к системе $(\xi,\ \eta,\ \zeta)$, движущейся, как выше, со скоростью v, пусть равна H_0.

Пусть это тело посылает в направлении, составляющем угол φ с осью x, плоскую световую волну с энергией $L/2$ [измеренной относительно системы (x, y, z)] и одновременно посылает такое же количество света в противоположном направлении. При этом тело остается в покое относительно системы (x, y, z). Для этого процесса должен выполняться закон сохранения энергии и притом (согласно принципу относительности) по отношению к обеим координатным системам. Если мы обозначим через E_1 энергию тела после излучения света при измерении ее относительно системы (x, y, z) и соответственно через H_1 энергию относительно системы $(\xi,\ \eta,\ \zeta)$, то, пользуясь полученным выше соотношением, находим

$$E_0 = E_1 + \left(\frac{L}{2} + \frac{L}{2}\right),$$

$$H_0 = H_1 + \left[\frac{L}{2} \cdot \frac{1 - \dfrac{v}{V}\cos\varphi}{\sqrt{1-(v/V)^2}} + \frac{L}{2} \cdot \frac{1 + \dfrac{v}{V}\cos\varphi}{\sqrt{1-(v/V)^2}}\right] = H_1 + \frac{L}{\sqrt{1-(v/V)^2}}.$$

Вычитая второе равенство из первого, получаем:

$$(H_0 - E_0) - (H_1 - E_1) = L\left\{\frac{1}{\sqrt{1-(v/V)^2}} - 1\right\}.$$

В этом соотношении обе разности вида H - E имеют простой физический смысл. Величины H и E представляют собой значения энергии одного и того же тела, отнесенные к двум координатным системам, движущимся относительно друг друга, причем тело покоится в одной из систем [в системе (x, y, z)].

Таким образом, ясно, что разность H - E может отличаться от кинетической энергии К тела, взятой относительно другой системы [системы $(\xi,\ \eta,\ \zeta)$], только на некоторую аддитивную постоянную , которая зависит от выбора произвольных аддитивных постоянных в выражениях для энергий H и E. Следовательно мы можем положить

$$H_0 - E_0 = K_0 + C,$$

$$H_1 - E_1 = K_1 + C,$$

так как постоянная при испускании света не изменяется.

Таким образом, получаем

$$K_0 - K_1 = L\left\{\frac{1}{\sqrt{1-(v/V)^2}} - 1\right\}.$$

Кинетическая энергия тела относительно системы $(\xi,\ \eta,\ \zeta)$ уменьшается при испускании света на величину, не зависящую от природы тела. Кроме того разность $K_0 - K_1$ зависит от скорости точно так же, как кинетическая энергия электрона (см. § 10 цитированной выше работы).

Пренебрегая величинами четвертого и более высоких порядков, можно получить

$$K_0 - K_1 = \frac{L}{V^2} \cdot \frac{v^2}{2}.$$

Из этого уравнения непосредственно следует, что если тело отдает энергию L в виде излучения, то его масса уменьшается на L/V^2. При этом, очевидно, несущественно, что энергия, взятая у тела, прямо переходит в энергию излучения, так что мы приходим к более общему выводу.

Масса тела есть мера содержащейся в нем энергии; если энергия изменяется на величину L, то масса меняется соответственно на величину $L/(9 \cdot 10^{20})$, причем здесь энергия измеряется в эргах, а масса – в граммах.

Не исключена возможность того, что теорию удастся проверить для веществ, энергия которых меняется в большей степени (например для солей радия).

Если теория соответствует фактам, то излучение переносит инерцию между излучающими и поглощающими телами.