

## Вычисление постоянной Планка из размеров Планка

и формула для энергии-импульса частицы

Якубовский Е.Г.

e-mail [yakubovski@rambler.ru](mailto:yakubovski@rambler.ru)

Существует формула для энергии кванта электромагнитной волны. Выведем эту формулу используя значение мировых констант Планка. Ее модуль совпадает с известной из квантовой механики формулой.

Известна формула для плотности энергии звуковой волны

$$\Delta p = \varepsilon = \rho c \Delta u .$$

Величина приращения скорости в звуковой волне равна

$$\Delta u = \frac{da \exp(i\omega t - i \sum_{n=1}^3 k_n x_n)}{dt} = ia\omega \exp(i\omega t - i \sum_{n=1}^3 k_n x_n)$$

Энергия одного кванта звуковой волны равна  $E = \varepsilon \lambda^3$  подставляя эти значения в формулу для плотности энергии звуковой волны, получим значение одного кванта энергии

$$E = |i\rho c \lambda^3 a \omega \exp(i\omega t - i \sum_{n=1}^3 k_n x_n)| = i\hbar \omega \exp(i\omega t - i \sum_{n=1}^3 k_n x_n) = mc^2;$$

Где имеем для электромагнитной волны  $\omega = mc^2 / \hbar, k_l = mc n_l / \hbar$ , используется единичный вектор  $n_l$ , имеющий направление волнового числа и для волны де

Бройля  $k_l = m c u_l / \hbar, u_l = \frac{V_l / c}{\sqrt{1 - V^2 / c^2}}; \omega = m c^2 u_0 / \hbar, u_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - V^2 / c^2}}$ . Для значения

энергии одного кванта электромагнитной волны и волны де Бройля получаем формулу

$$E = i\hbar \omega \exp(i\omega t - i \sum_{n=1}^3 k_n x_n); \hbar = \rho c \lambda^3 a = m c a = m_{Pl} c_{Pl} l_{Pl}$$

Где постоянная Планка определена из размеров Планка.

Импульс электромагнитной волны и волны де Бройля равен

$$p_l = i\hbar k_l \exp(i\omega t - i \sum_{n=1}^3 k_n x_n).$$

Отметим, что энергия и импульс волны оказались комплексные, а их модуль совпадает с известными формулами для энергии-импульса электромагнитной волны и волны де Бройля.

Решим задачу распада частицы массы  $M$  на две частицы массы  $m_1, m_2$  с учетом интерференции частиц. Имеется формула для энергии распавшихся частиц см. [1] §11

$$E_{10} = \frac{M^2 + m_1^2 - m_2^2}{2M} c^2; E_{20} = \frac{M^2 - m_1^2 + m_2^2}{2M} c^2.$$

Частицы будут интерферировать, и масса будет равняться  $M = |M| \exp[-i |M| c^2 (0-0) / \hbar]$ .

$$m_1 = |m_1| \exp[-i |m_1| c^2 (0-0) - p_0 (r_{m_1} - r_M) / \hbar],$$

$$m_2 = |m_2| \exp[-i |m_2| c^2 (0-0) + p_0 (r_{m_2} - r_M) / \hbar].$$

В результате получим формулу

$$E_{10} = \frac{|M|^2 + |m_1|^2 \exp[2ip_0(r_{m_1} - r_M) / \hbar] - |m_2|^2 \exp[-2ip_0(r_{m_2} - r_M) / \hbar]}{2|M|} c^2;$$

$$E_{20} = \frac{|M|^2 - |m_1|^2 \exp[2ip_0(r_{m_1} - r_M) / \hbar] + |m_2|^2 \exp[-2ip_0(r_{m_2} - r_M) / \hbar]}{2|M|} c^2.$$

Величина  $p_0^2 = E_{10}^2 / c^2 - m_1^2 c^2$  определится из нелинейного уравнения. Вообще конечный размер частиц мнимый, что означает колебание с мнимой частью с комптоновской частотой  $r_m = -i \frac{e^2}{6\pi c^2}$ . Поэтому формулы изменятся

$$E_{10} = \frac{|M|^2 + |m_1^2| \exp[2p_0(r_{m1} - r_M)/\hbar] - |m_2^2| \exp[-2p_0(r_{m2} - r_M)/\hbar]}{2|M|} c^2;$$

$$E_{20} = \frac{|M|^2 - |m_1^2| \exp[2p_0(r_{m1} - r_M)/\hbar] + |m_2^2| \exp[-2p_0(r_{m2} - r_M)/\hbar]}{2|M|} c^2$$

Эта формула приводится к виду

$$E_{10} = \frac{|M|^2 + 2 \exp[(\varphi_1 + \varphi_2)/2] \sinh[2p_0(r_m - r_M)/\hbar + (\varphi_1 - \varphi_2)/2]}{2|M|} c^2 =$$

$$= \frac{|M|^2 + 2|m_1 m_2| \sinh[2p_0(r_m - r_M)/\hbar + (\varphi_1 - \varphi_2)/2]}{2|M|} c^2 \quad (1a)$$

$$E_{20} = \frac{|M|^2 - 2 \exp[(\varphi_1 + \varphi_2)/2] \sinh[2p_0(r_m - r_M)/\hbar + (\varphi_1 - \varphi_2)/2]}{2|M|} c^2 =$$

$$= \frac{|M|^2 - 2|m_1 m_2| \sinh[2p_0(r_m - r_M)/\hbar + (\varphi_1 - \varphi_2)/2]}{2M} c^2; \quad (1b)$$

$$\exp \varphi_1 = |m_1^2|; \exp(\varphi_2) = |m_2^2|$$

Закон сохранения энергии выполняется, но энергия двух одинаковых частиц отличается. Это эффект конечного размера частиц, в случае точечных частиц формулы вырождаются в не интерференционные.

Отметим, что если размер частицы действительный, то значение энергии распавшихся частиц комплексное и они тоже распадутся. И так до бесконечности, если размеры действительные, то частицы распадаются. Поэтому размеры частиц мнимые, тогда энергия распавшихся частиц действительная и только мнимая масса приводит к распаду.

Для частицы двигающейся со скоростью  $V$  существует связь между углами вылета и их энергиями. Пусть  $E_0 = E_{10}$  энергия одной из распадных частиц в системе центра инерции.  $E$  энергия этой же частицы в лабораторной системе отсчета. Тогда имеем формулу

$$E_0 = \frac{E - Vp \cos \theta}{\sqrt{1 - V^2/c^2}} = \frac{E - V\sqrt{E^2/c^2 - m^2 c^2} \cos \theta}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}$$

Измерив энергию и угол вылета частицы можно определить энергию разлета частицы в системе центра инерции и проверить формулу (1a) или (1b).

## Литература

1. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теория поля т. II, Наука, М., 1973, 564с.