

Энергия, выделяющаяся в виде электромагнитного излучения за один цикл:

$$\check{I} \cdot 4\pi\check{\alpha}^2 / N_c = 2\check{I} / j_\nu = 4,088 \cdot 10^{-12} \text{ Дж} = 25,51 \text{ МэВ}. \quad (4)$$

Отсюда получается, что средняя энергия, уносимая нейтрино в одном цикле слияния протонов в ядро гелия, составляет 1,22 МэВ.

Студентам предлагается задача: *Оцените плотность потока солнечных нейтрино на уровне Земли. Солнечная постоянная равна 1361,5 Вт/м². Средняя энергия, уносимая нейтрино в одном цикле слияния протонов в ядро гелия, составляет 1,22 МэВ.*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Comprehensive measurement of *pp*-chain solar neutrinos / М. Agostini [et al.] // Nature. – 2018. – Vol. 562. – P. 505–518.

УДК 530.145.61, 37.012.7

А. И. ПЫЗИК

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ПРОХОЖДЕНИЕ ЧАСТИЦ ЧЕРЕЗ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР

В курсе квантовой физики рассматриваются задачи на прохождение частицы через потенциальный барьер. Рассмотрим задачу 2.103 из задачника по квантовой физике И. Е. Иродова (М., 1991).

Частица массы m падает на прямоугольный потенциальный барьер, причем ее энергия $E < U_0$. Найти: а) коэффициент прозрачности D барьера; б) упростить полученное выражение для D в случае $D \ll 1$; в) вероятность прохождения электрона и протона $E = 5,0$ эВ сквозь этот барьер, если $U_0 = 10,0$ эВ и $l = 0,10$ нм.

В решении выводится формула для коэффициента прозрачности:

$$D = \left(1 + \frac{U_0^2 \sinh\left[\frac{\sqrt{2m(U_0 - E)l}}{\hbar}\right]}{4E(U_0 - E)} \right)^{-1}. \quad (1)$$

При $D \ll 1$ формула (1) преобразуется к виду:

$$D \approx 16 \frac{E}{U_0} \left(1 - \frac{E}{U_0}\right) e^{-2 \frac{\sqrt{2m(U_0-E)}l}{\hbar}}. \quad (2)$$

Ответы для электрона и протона приводятся соответственно $D_e \approx 0,27$ и D_p порядка 10^{-47} . Наш расчет по формуле (2) дал другие значения – для электрона и протона соответственно $D_e = 0,405$, $D_p = 9,19 \cdot 10^{-43}$.

Заметим, что для электрона коэффициент пропускания не слишком сильно отличается от 1, поэтому следует применять формулу (1). Расчет дает результат $D_e = 0,333$. Результаты, полученные с помощью формул (1) и (2), не сходятся даже в первой значащей цифре. В курсе общей физики не выводится формула (1), поэтому желательно подобрать такие данные, чтобы расхождение по формулам (1) и (2) было мало. Так как, исходя из условия задачи, ответ надо находить с точностью до двух значащих цифр, желательно подобрать такие условия, чтобы с точностью до двух значащих цифр ответы по (1) и (2) для электрона совпадали. Например, при ширине барьера 2,5 Ангстрема получаются результаты для электрона по (1) и (2) соответственно 1,29 % и 1,30 %, т. е. результаты совпадают с точностью до двух значащих цифр – 1,3 %. Для протона получается результат $1,0 \cdot 10^{-106}$.

УДК 537.312:538.245

Т. А. ЯТЧУК, Е. С. ШАМА, И. П. ПРИХАЧ

МУЛЬТИКАЛОРИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В МУЛЬТИФЕРРОИКАХ

Калорические эффекты в твердых телах проявляются в изменении их температуры в ответ на изменения внутренних или внешних параметров, таких как объем, деформация, намагниченность или поляризация. Наибольший интерес представляют твердотельные магнитокалорическое и электрокалорическое охлаждения ввиду потенциальной возможности их практического использования в охлаждающих устройствах и компонентах защитных устройств с магнитоэлектрической связью. Особым классом веществ, в которых возможно одновременное существование нескольких калорических эффектов, являются мультиферроики. Сосуществование в мультиферроиках различных типов магнитного и зарядового упорядочений и, как следствие, возможность реализации одновременно различных калорических эффектов служат основанием для отнесения подобных мате-