уменьшилась, поэтому

$$|U_2| = \frac{hc/\lambda_2 - A}{e} = \frac{hc\beta/\lambda_1 - A}{e}.$$

Складывая почленно два последних уравнения, получаем

$$A = \frac{e(U_2 - \beta U_1)}{\beta - 1} = 1{,}2 \text{ эВ} = 1{,}92 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}.$$

Задача 6. *Найдите изменение длины волны света, излучаемого неподвижным атомом водорода, вследствие отдачи, которую испытывает ядро атома со стороны вылетевшего кванта света.*

Запишем законы сохранения энергии и импульса для изолированной системы атом водорода — фотон.

В начальный момент, до излучения фотона, эта система представляет собой неподвижный атом водорода, находящийся в возбужденном состоянии, т.е. его электрон занимает не самый низкий энергетический уровень E_1, а какой-то более высокий уровень E_n. Под E понимается полная энергия электрона в атоме: кинетическая плюс потенциальная, связанная с электростатическим взаимодействием электрона с ядром (заметим, что E всегда отрицательная величина). Возбуждение атома может быть вызвано неким внешним воздействием, например столкновением с другим атомом или свободным электроном или поглощением кванта света. Пусть разность энергий электрона в этом случае составляет

$$E_n - E_1 = h\nu_0.$$

Тогда полная энергия атома равна сумме энергии покоя ядра (протона) и энергии электрона:

$$W_1 = m_pc^2 + E_n,$$

а импульс атома равен нулю:

$$p_1 = 0.$$

После излучения атомом фотона с некоторой энергией $h\nu$ изолированная система будет включать в себя фотон и атом водорода, который вследствие отдачи приобретет некоторую скорость v. Полная энергия системы в этом случае будет равна

$$W_2 = m_pc^2 + E_1 + \frac{m_pv^2}{2} + h\nu,$$

а импульс системы составит

$$p_2 = \frac{h\nu}{c} - m_pv.$$

Согласно законам сохранения энергии и импульса, можно записать

$$m_pc^2 + E_n = m_pc^2 + E_1 + \frac{m_pv^2}{2} + h\nu$$

и

$$0 = \frac{h\nu}{c} - m_pv.$$

Учитывая, что $E_n - E_1 = h\nu_0$, из первого уравнения получим

$$h\Delta\nu = h\nu - h\nu_0 = -\frac{m_pv^2}{2}.$$

Нас не интересует величина скорости ядра отдачи, поэтому выразим ее из второго уравнения (закон сохранения импульса), подставим в последнее равенство и найдем относительное изменение частоты света:

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} = -\frac{h\nu}{2m_pc^2} = -\frac{hc}{2m_pc^2\lambda}.$$

Поскольку для видимого диапазона длин волн $h\nu \sim 2$ эВ, а энергия покоя протона равна 938 Мэв, получаем $\Delta\nu/\nu \sim 10^{-9}$. При таких малых изменениях частоты можно записать

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} = \frac{\Delta(c/\lambda)}{c/\lambda} = -\frac{\Delta\lambda}{\lambda}.$$

Тогда, заменив $\Delta\nu/\nu$ на $\Delta\lambda/\lambda$, окончательно получим

$$\Delta\lambda = \frac{h}{2m_pc} = 6{,}7 \cdot 10^{-16} \text{ м}.$$

Упражнения

1. Кусочек металлической фольги массой m = 1 мг освещается лазерным импульсом мощностью P = 15 Вт и длительностью τ = 0,5 с. Свет падает нормально к плоскости фольги и полностью отражается от ее поверхности в обратном направлении. Определите скорость, приобретенную фольгой в результате действия света.

2. Узкий пучок импульсного лазерного излучения с энергией W = 0,3 Дж и длительностью $\tau = 10^{-9}$ с падает на рассеивающую линзу параллельно ее главной оптической оси. Расстояние от пучка до главной оптической оси линзы равно $F/\sqrt{3}$, где F — фокусное расстояние линзы. Найдите величину средней силы, действующей на линзу со стороны света, если половина энергии лазерного излучения поглощается в линзе. Отражением от поверхностей линзы пренебречь.

3. До какого максимального потенциала зарядится уединенный медный шарик, если его облучать ультрафиолетовым светом с длиной волны $\lambda = 2 \cdot 10^{-7}$ м? Работа выхода электрона для меди равна A = 4,47 эВ.

4. Какую частоту фотона зарегистрирует неподвижный приемник, если фотон испущен движущимся со скоростью v атомом вдоль направления его движения? В случае неподвижного атома частота излучаемого фотона равна ν_0. *Указание.* Воспользуйтесь приближением: для $\alpha \ll 1$ $\sqrt{1+\alpha} = 1 + \alpha/2$.

НАМ ПИШУТ

ПРЕДЕЛ... В ДВА ХОДА

«Что общего у мата в два хода и предела последовательности?» — вопросы такого типа с веселыми ответами на них некоторое время назад были темами анекдотов и приписывались армянскому радио.

Однако наш читатель *Л.Костюков*, задавший нам этот вопрос, дал на него вполне вразумительный ответ. Давайте сформулируем строго, что значит выражение «белые дают мат в два хода». А вот что:

Существует такой ход белых Б1, что при любом ходе черных Ч1 найдется ход белых Б2, при котором черные получают мат.

А теперь давайте рядышком сформулируем утверждение о том, что белые не могут дать черным мат в два хода, и определение того, что последовательность $\{a_n\}$ имеет A своим пределом:

Для любого хода белых Б1 существует такой ход черных Ч1, что при любом ходе белых Б2 черные не получают мат.

Для любого положительного числа ε существует такой номер N, что для любого $N > n$ выполняется условие $|a_n - A| < \varepsilon$.

Итак, что же здесь общего? Ну конечно же, последовательность слов-предикатов: для любого — существует — для любого. Не правда ли, любопытно?