

C1. Фотокатод облучают светом, длина волны которого  $\lambda = 300$  нм. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 400$  нм. Какое напряжение  $U$  нужно приложить между анодом и катодом, чтобы фототок прекратился?

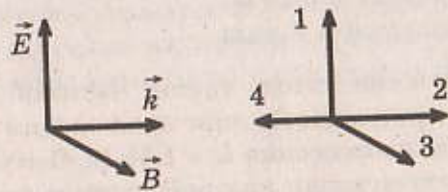
C2. В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, один из которых заземлен. К ним подключен конденсатор емкостью  $C_1 = 10\,000$  пФ. При длительном освещении катода светом фототок, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд  $q = 10^{-8}$  Кл. Работа выхода электронов из кальция  $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите длину волны света, освещающего катод.

### Фотоны. Энергия и импульс фотона

A7. Импульс фотона имеет минимальное значение в диапазоне частот

- 1) инфракрасного излучения
- 2) видимого излучения
- 3) ультрафиолетового излучения
- 4) рентгеновского излучения

A8. На рисунке показано взаимное расположение векторов напряженности электрического поля  $\vec{E}$  и магнитной индукции  $\vec{B}$  в электромагнитной волне. Вектор  $\vec{k}$  указывает направление распространения волны. Какая из стрелок 1, 2, 3 или 4 указывает направление импульса фотона этого излучения?



- 1) Стрелка 1
- 2) Стрелка 2
- 3) Стрелка 3
- 4) Стрелка 4

A9. Два источника света излучают волны, длина волны которых  $\lambda_1 = 4 \cdot 10^{-7}$  м и  $\lambda_2 = 8 \cdot 10^{-7}$  м. Чему равно отношение импульсов  $\frac{P_1}{P_2}$  фотонов, излучаемых первым и вторым источниками?

- 1)  $\frac{1}{4}$
- 2) 2
- 3)  $\frac{1}{2}$
- 4) 4

B2. На рисунке представлен спектр излучения натрия. Цифры на числовой оси — длины волн в нм ( $10^{-9}$  м). Оцените частоту фотонов, составляющих излучение, зафиксированное в приведенном спектре. Ответ округлите до двух значащих цифр, умножьте на  $10^{-13}$  и запишите в бланк ответов.



A10. Импульс фотона с энергией 5 эВ равен

- 1)  $1,7 \cdot 10^{-8}$  кг · м/с
- 2)  $2,4 \cdot 10^{-10}$  кг · м/с
- 3)  $2,7 \cdot 10^{-27}$  кг · м/с
- 4)  $1,6 \cdot 10^{-43}$  кг · м/с

C3. Для разгона космических аппаратов и коррекции их орбит предложено использовать солнечный парус — скрепленный с аппаратом легкий экран большой площади из тонкой пленки, которая зеркально отражает солнечный свет. Чему равно добавочное изменение скорости космического аппарата массой 1000 кг (включая массу паруса) за 24 часа, если размеры паруса  $200$  м  $\times$   $200$  м? Мощность  $W$  солнечного излучения, падающего на  $1$  м<sup>2</sup> поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, составляет  $1370$  Вт/м<sup>2</sup>.

$$q = C_1 U$$

Получаем систему уравнений, решая которую, можно получить ответ в алгебраической и числовой форме:

$$\lambda = \frac{h_c}{A + \frac{eq}{C}} = 330 \text{ нм.}$$

С3. По второму закону Ньютона сила воздействия паруса на отражающиеся фотоны:

$$F = N \frac{\Delta p_\phi}{\Delta t} = N \frac{2p_\phi}{\Delta t} = N \frac{2 \frac{hv}{c}}{\Delta t} = \frac{2WS}{c},$$

где  $\Delta p_\phi$  — изменение импульса одного фотона при зеркальном отражении.

По третьему закону Ньютона сила воздействия фотонов на парус имеет такое же значение. Тогда ускорение космического аппарата

$$a = \frac{F}{m}.$$

Изменение его скорости за промежуток времени  $\tau$

$$\Delta v = a\tau,$$

формула для скорости при равноускоренном движении:  
 $v = at.$

Математические преобразования дают ответ в общем виде:

$$v = \frac{2WSt}{cm}$$

Правильный числовой ответ:  $v = 32 \text{ м/с.}$

С4. Запишем уравнение Эйнштейна для красной границы фотоэффекта (равенство энергии фотона, соответствующего длине волны красной границы фотоэффекта, работе выхода):

$$\frac{ch}{\lambda_{кр}} = A_{вых}$$

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A_{вых} + \frac{mv^2}{2}, \text{ где } \lambda = \frac{c}{\nu}$$

Выполнив математические преобразования, получим:

$$\lambda_{кр} = \frac{h_c}{\frac{h_c}{\lambda} - \frac{mv^2}{2}} = \frac{\lambda}{1 - \frac{mv^2}{2} \cdot \frac{\lambda}{h_c}} \approx 641 \text{ нм.}$$

С5. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A + E_k.$$

где  $E_k = eU$ ,  $U$  — задерживающий потенциал.

Условие красной границы фотоэффекта связано с работой выхода электронов соотношением

$$h\nu_0 = A.$$

Решение системы уравнений дает алгебраическое выражение для ответа:

$$v = v_0 + \frac{eU}{h}$$

Ответ в числовой форме получаем подстановкой табличных значений фундаментальных констант и данных задачи:  $v = 1,57 \cdot 10^{15} \text{ Гц.}$

## Тема 21. Боровская модель атома

Коды правильных ответов заданий типа А

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
1	3	4	3	3	4	3	3	1	2
A11	A12	A13	A14						
3	2	3	4						

Ответы к заданиям типа В

B1	3	0		
B2	—	1	3	6
B3	1	.	3	