

Квантовая физика.

Кванты света.

Энергия излучается и поглощается квантами (порциями).

Световая корпускула (частица), квант электромагнитного излучения называется *фотоном*.

Масса покоя фотона равна нулю (покоящихся фотонов не существует).

Энергия фотона вычисляется по формуле: $\varepsilon = h \cdot \nu$, где ε – энергия кванта [ε]=Дж, ν – частота световой волны [ν]=Гц, $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка. Используется также внесистемная единица измерения энергии электрон-вольт (эВ), $1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

Импульс фотона вычисляется по формуле: $p = h/\lambda$, p – импульс фотона [p]=кг·м/с, λ – длина световой волны [λ]=м.

Фотоэффект и его законы.

Фотоэффект внешний – явление вырывания светом электронов с поверхности металлов.

Имеет место также внутренний фотоэффект – вырывание электронов из связей в полупроводниках под действием света.

Законы внешнего фотоэффекта:

- *Фототок прямопропорционален поглощенной за единицу времени энергии световой волны.*
- *Скорость фотоэффекта зависит от частоты света. Существует такая частота, ниже которой световая волна фотоэффекта не вызывает (красная граница фотоэффекта).*

- Энергия кванта излучения идет на работу выхода электрона из вещества и сообщение ему кинетической энергии.

$$\varepsilon = A_{\text{вых.}} + E_{\text{кин.}} \text{ (Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.)}$$

Примечание: работа выхода электронов из вещества заносится в справочные таблицы.

- Фотоэффект безынерционен.

Применение фотоэффекта в технике.

Фотоэффект используется для изготовления «видящих» фотоэлементов. На основе внешнего фотоэффекта строятся вакуумные фотоэлементы, на основе внутреннего (вентильного) фотоэффекта строятся полупроводниковые фотоэлементы.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

«КВАНТОВАЯ ФИЗИКА»

Пример №1. Фотоэффект вызван волной с длиной 300 нм. Частота красной границы фотоэффекта для данного вещества 430 ТГц. Найдите скорость фотоэлектронов.

Дано:	Решение:
$\lambda_0 = 3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ $\nu_{\text{кр.}} = 4,3 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$	Формула Эйнштейна для фотоэффекта: $\varepsilon = A_{\text{вых.}} + E_{\text{кин.}}$ Энергия кванта: $\varepsilon = h \cdot \nu_0 = \frac{h \cdot c}{\lambda_0}$ Связь работы выхода с частотой красной границы фотоэффекта: $A_{\text{вых.}} = h \cdot \nu_{\text{кр.}}$

	<p>Кинетическая энергия фотоэлектронов вычисляется по классической формуле, так как скорость фотоэлектронов много меньше скорости света:</p> $E_{кин.} = \frac{m_e \cdot v^2}{2}.$ <p>Таким образом: $\frac{h \cdot c}{\lambda_0} = h \cdot \nu_{кр.} + \frac{m_e \cdot v^2}{2},$</p> <p>тогда: $v = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{m_e} \cdot \left(\frac{c}{\lambda_0} - \nu_{кр.} \right)}.$</p> <p>После вычислений: $v = 0,9 \cdot 10^6$ м/с.</p>
--	--

***Задачи для самостоятельного решения по теме
«Квантовая физика».***

- 1.** Покоившийся атом испустил фотон с энергией $6 \cdot 10^{-18}$ Дж. Какой импульс приобрел атом?
- 2.** Определить частоту фотона, энергия которого равна $2,26 \cdot 10^{-18}$ Дж.
- 3.** Катод фотоэлемента освещается лучом лазера с длиной волны 630 нм. Сила тока насыщения фотоэлемента составляет 2 мА. Найти мощность излучения лазера, считая, что каждый фотон выбивает один электрон.
- 4.** Определить импульс фотона, если длина волны излучения равна 0,1 нм.

5. Определить длину волны красной границы фотоэффекта для калия, если работа выхода электронов из этого вещества составляет 2,25 эВ.
6. Определить импульс фотона с энергией $1,2 \cdot 10^{-18}$ Дж.
7. Определить число фотонов в монохроматическом пучке света с энергией 1 кДж и длиной волны 600 нм.
8. На каплю воды объемом 0,2 мл падает 10^{10} фотонов в секунду монохроматического света с длиной волны 0,75 мкм. На сколько градусов нагреется капля за 10 с? Считать, что на нагревание идет 50% энергии света.
9. Импульс фотона, вызвавшего фотоэффект $2,2 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с. Импульс выбитого электрона $3,3 \cdot 10^{-25}$ кг·м/с. Чему равна работа выхода электрона из вещества?
10. На катод вакуумного фотоэлемента падает световой поток мощностью 0,02 Вт. Считая, что на каждые 100 квантов света, попавших на катод, приходится 1 выбитый фотоэлектрон, определить ток насыщения фотоэлемента. Частота падающего света составляет $1,5 \cdot 10^{15}$ Гц.
11. Энергия фотонов, вызвавших фотоэффект, в 3,5 раза больше максимальной кинетической энергии выбиваемых электронов. Во сколько раз длина волны этих фотонов меньше длины волны красной границы фотоэффекта?
12. Работа выхода электронов из некоторого металла $5,2 \cdot 10^{-19}$ Дж. На металл падают фотоны с импульсом $2,4 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с каждый. Во сколько раз максимальный импульс каждого из электронов,

вылетающих с поверхности металла при фотоэффекте, больше импульса падающего фотона?

13. Лазер генерирует инфракрасное излучение мощностью 5 Вт с длиной волны 1 мкм. Найдите число фотонов, испускаемых лазером в единицу времени.

14. Под действием электронов с кинетической энергией 1,892 эВ водород светится. Какого цвета линия получена в спектре?

15. Каково максимальное значение энергии фотона, испускаемого атомом водорода, если наименьшая длина волны в линейчатом спектре водорода 91,2 нм?

16. При электрическом разряде в трубке, наполненной криптоном-86, излучаются фотоны с энергией $3,278 \cdot 10^{-19}$ Дж. Найти цвет излучения и его длину волны, принятую в настоящее время в качестве естественного эталона единицы длины.

17. Фотохимические изменения в молекулах бромистого серебра (AgBr) происходят при длине волны падающего света 600 нм. Сколько приблизительно молекул может активизировать в фотоэмульсии α -частица, влетающая в нее с энергией 5,0 МэВ?

18. Работа выхода электронов из металла равна $3,3 \cdot 10^{-19}$ Дж. Найдите частоту красной границы фотоэффекта.

19. Частота рентгеновского излучения 10^{19} Гц. Чему равно напряжение между электродами рентгеновской трубки?