

*КОРПУСКУЛЯРНО-  
ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ*

Подготовка к ЕГЭ

Учитель: Попова И.А.  
МОУ СОШ № 30  
Белово 2010

понятий, законов и формул  
**КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОГО  
ДУАЛИЗМА  
В СООТВЕТСТВИИ С КОДИФИКАТОРОМ  
ЕГЭ.**

Элементы содержания, проверяемые на  

---

ЕГЭ 2010:

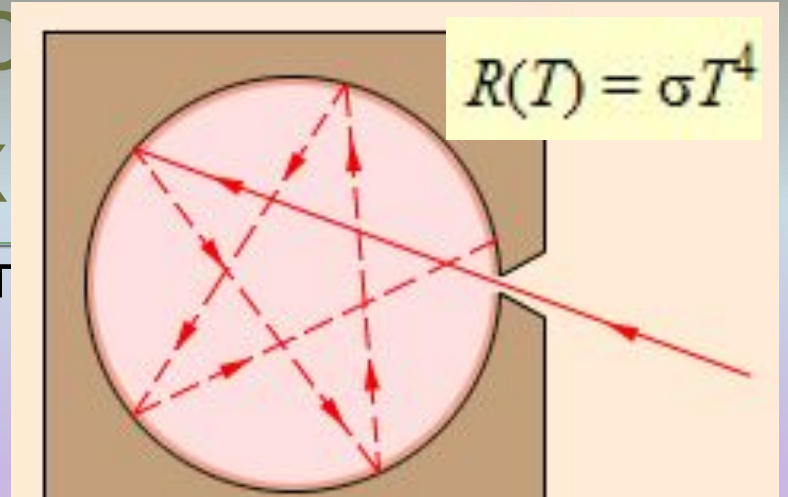
1. Гипотеза М.Планка о квантах
2. Фотоэффект
3. Опыты А.Г.Столетова
4. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта
5. Фотон
6. Гипотеза де Бройля о волновых свойствах частиц
7. Дифракция электронов

# Гипотеза М.Планка о квантах

Абсолютно черное тело обладает свойством поглощать всю падающую на его поверхность лучистую энергию любого спектрального состава.

Интегральная светимость  $R(T)$  абсолютно черного тела пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры  $T$ :

Гипотеза Планка: процессы излучения и поглощения нагретым телом электромагнитной энергии, происходят не непрерывно, как



Модель абсолютно черного тела  
**Квант** – это

минимальная порция энергии, излучаемой или поглощаемой телом.

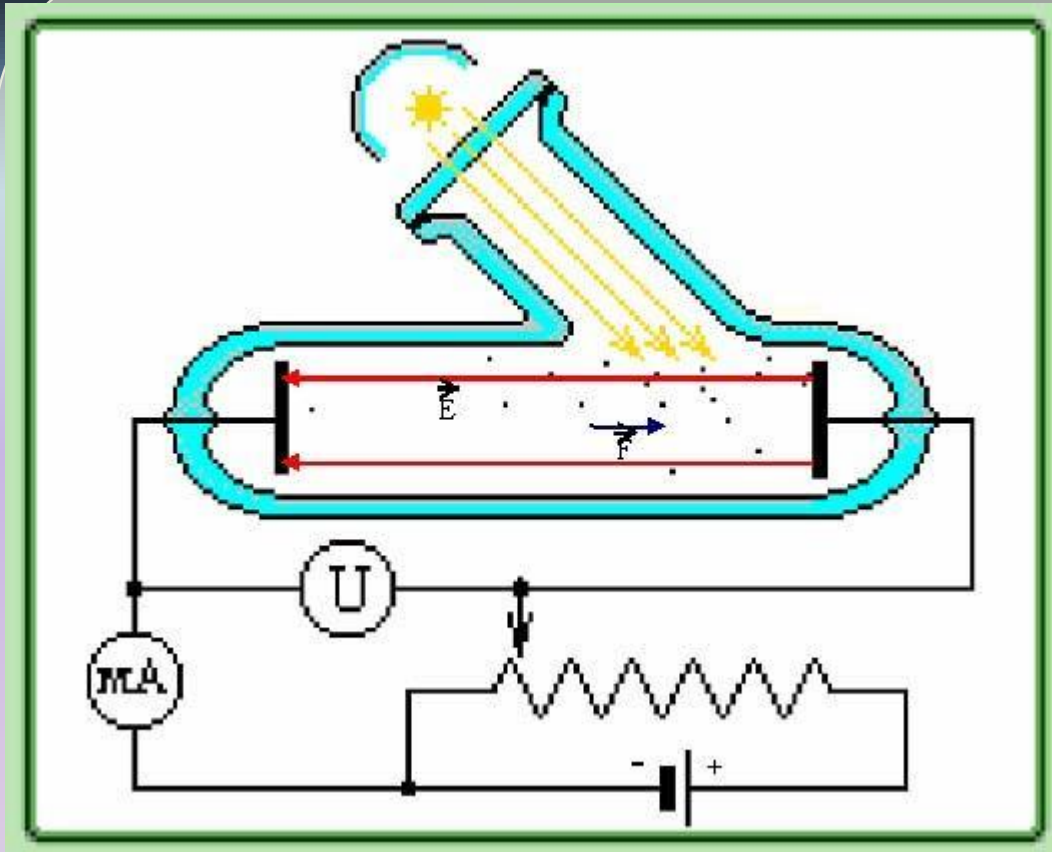
Энергия кванта  $E$  прямо пропорциональна частоте света:

где  $h$  – так называемая постоянная Планка, равная  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.

$$E = h\nu$$

# Фотоэффект

○ Фотоэффектом называют вырывание электронов из вещества под действием света.



- Фотоэффект был открыт Г. Герцем (1887 г.).
- Теория фотоэффекта была развита А. Эйнштейном (1905 г.) на основе квантовых представлений.
- Классическая волновая теория света оказалась неспособной объяснить закономерности этого

# Φοτοεφφεκτ

---



# фотоэффект

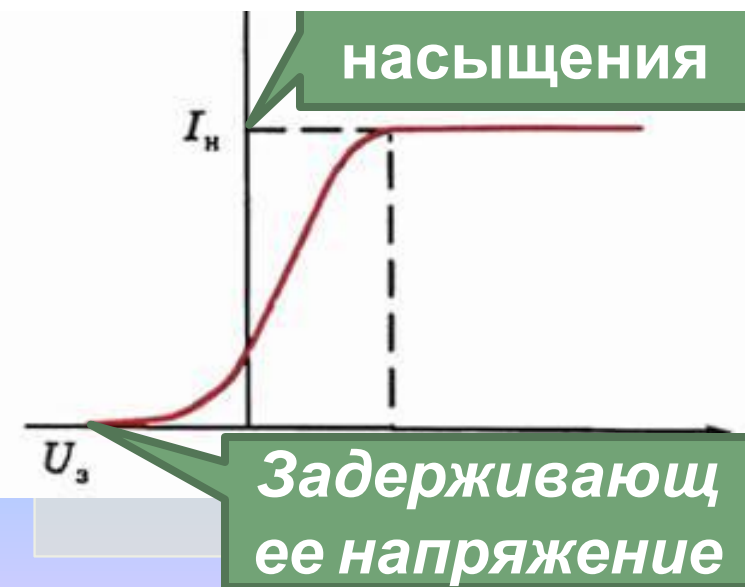
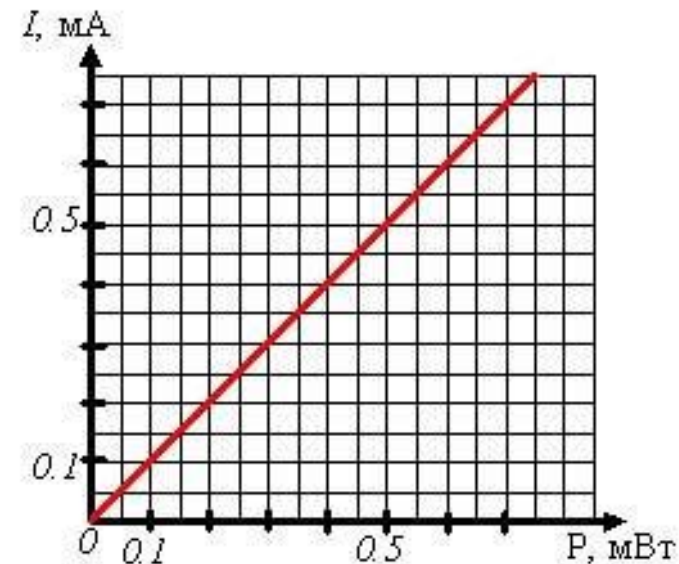
та

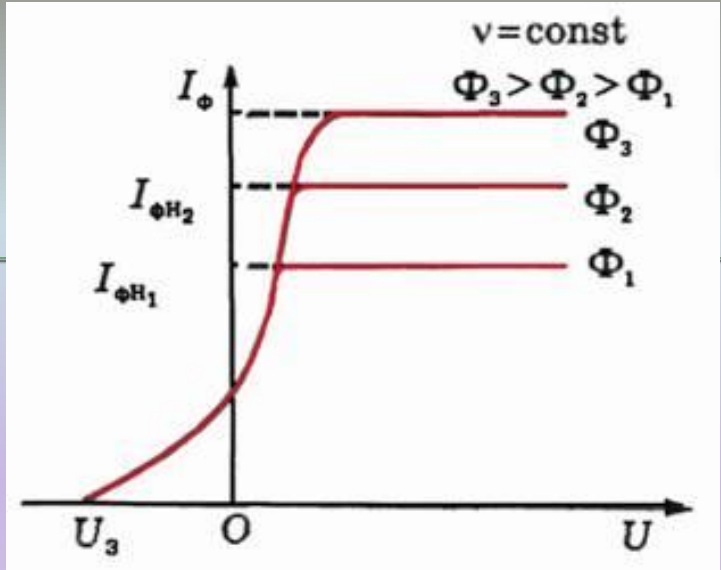
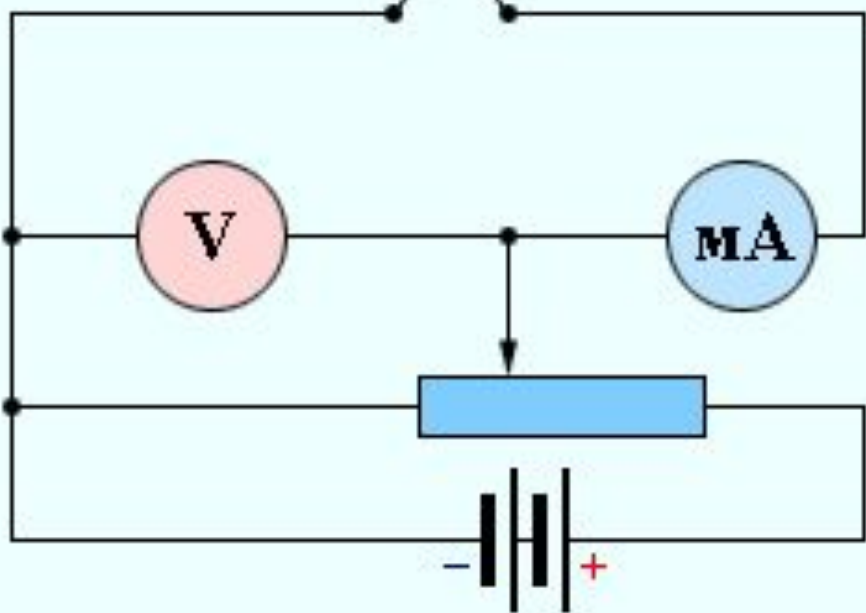
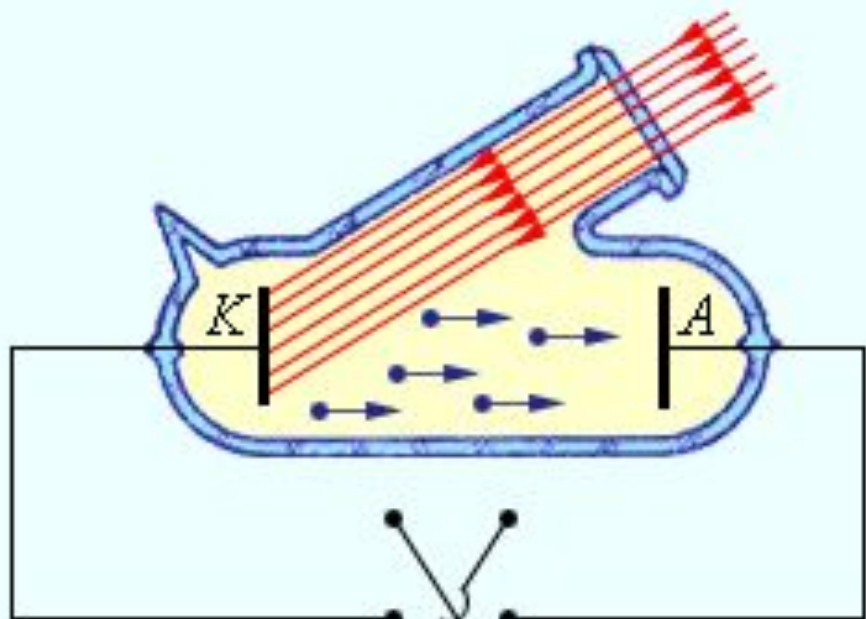
1. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно **возрастает** с увеличением частоты света  $\nu$  и **не зависит** от его интенсивности.

2. Число фотоэлектронов, вырываемых светом из катода за 1 с, **прямо пропорционально** интенсивности света.

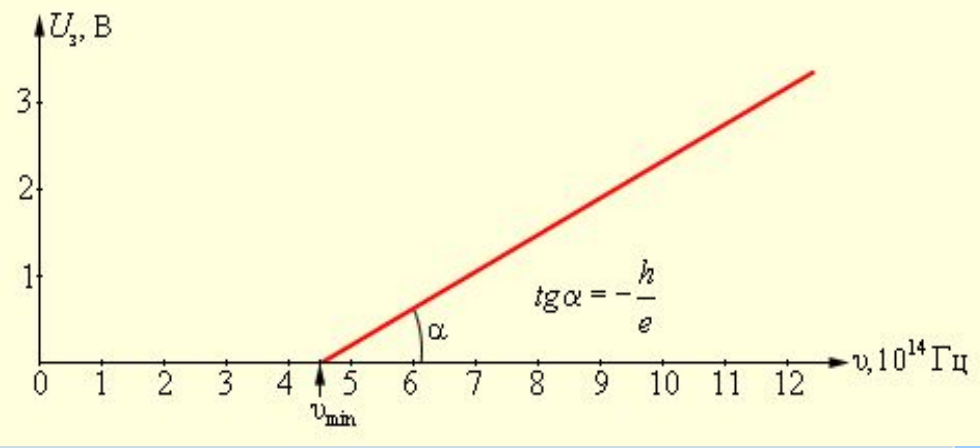
3. Фотоэффект практически **безынерционен**, фототок возникает мгновенно после начала освещения катода **при условии**, что частота света  $\nu > \nu_{min}$ .

4. Для каждого вещества **существует** так называемая красная граница фотоэффекта, т. е. наименьшая частота  $\nu_{min}$ , при которой еще возможен внешний фотоэффект.





Зависимость силы фототока от приложенного напряжения.

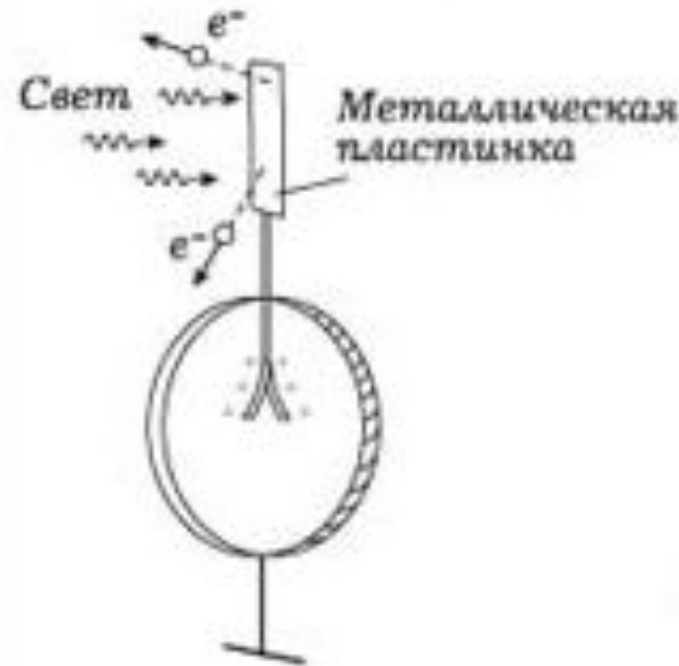


Зависимость запирающего потенциала  $U_3$  от частоты  $\nu$  падающего света

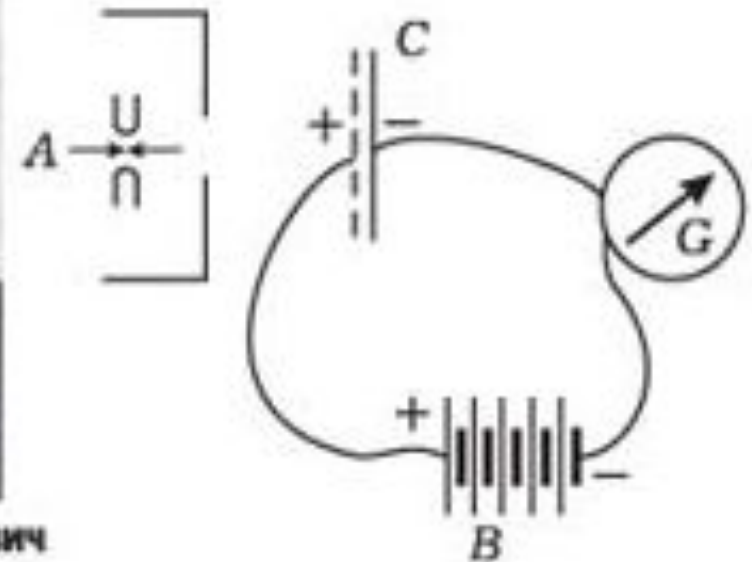


### Опыт по обнаружению фотоэффекта

### Схема опыта Столетова по исследованию фотоэффекта



Александр Григорьевич Столетов



ис батарей

- Для своих опытов с фотоэффектом Столетов сконструировал особый прибор - **вакуумный фотоэлемент**.



# Выводы Столетова А.Г.

---

1. Лучи вольтовой дуги, падая на поверхность отрицательно заряженного тела, уносят с него заряд...
2. Это действие лучей есть строго униполярное, положительный заряд лучами не уносится.
3. Разряжающим действием обладают — если не исключительно, то с громадным превосходством перед прочими — лучи самой высокой преломляемости, недостающие в солнечном спектре ( $\lambda = 295 \cdot 10^{-6}$  мм). Чем спектр обильнее такими лучами, тем сильнее действие.
4. Для разряда лучами необходимо, чтобы лучи поглощались поверхностью тела...

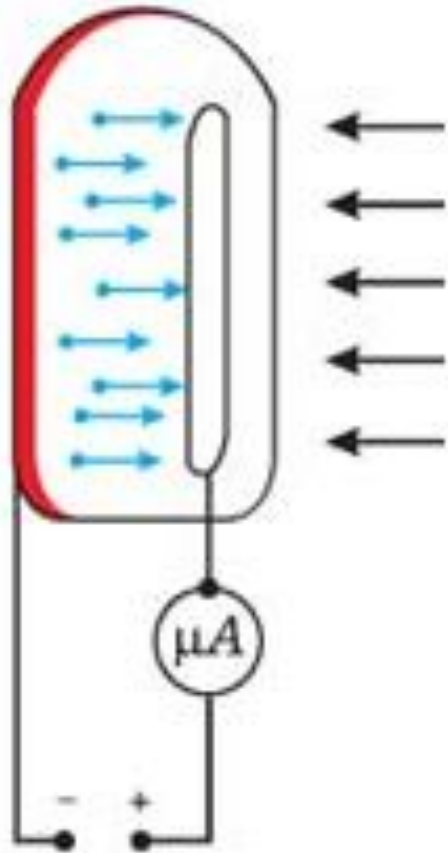
# Выводы Столетова А.Г.

---

5. Разряжающее действие лучей обнаруживается даже при весьма кратковременном освещении, причем между моментом освещения и моментом соответственного разряда не протекает заметного времени.
6. Разряжающее действие, при одинаковых условиях, пропорционально энергии активных лучей, падающих на разряжаемую поверхность.
7. Каков бы ни был механизм активно-электрического разряда, мы вправе рассматривать его как некоторый ток электричества...
8. Активно-электрическое действие усиливается с повышением температуры

# Уравнение Эйнштейна для

$$h\nu = A + E_K, \quad E_K = h\nu - A, \quad E_K = 0, \quad h\nu_{\text{кр}} = A$$

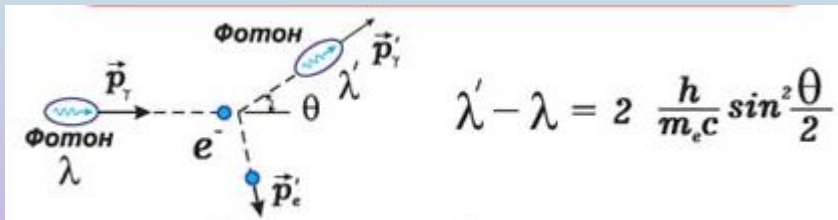


Вакуумный фотозлемент



Полупроводниковые солнечные батареи

Фотон - (от греч. phos, родительный падеж photós -



излучения (в узком смысле — света).

Это безмассовая частица, способная существовать

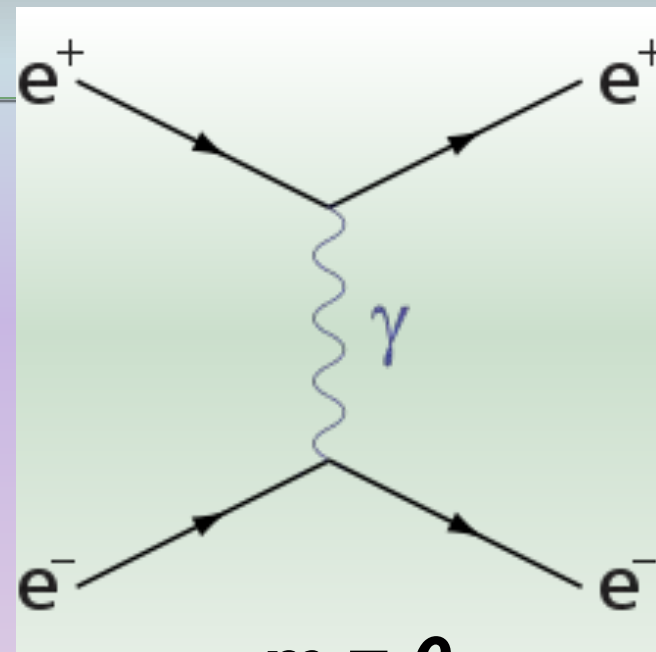
только двигаясь со скоростью света.

Заряд фотона равен нулю

Энергия фотона

Импульс фотона

# ФОТОН



$$m = 0$$

$$E = h\nu$$

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c}$$

# Гипотеза де Бройля о волновых свойствах частиц

- Корпускулярно-волновой дуализм присущ всем частицам — электронам, протонам, атомам и так далее, причём количественные соотношения между волновыми и корпускулярными свойствами частиц те же, что и для фотонов.
- Таким образом, если частица имеет энергию  **$E$**  и импульс  **$p$** , то с ней связана волна,
- частота которой

- $f = E / h$

- длина волны

- $\lambda = h / p$ .

- Эти величины называются постоянными Планка, где

$$E = h\nu, p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

# Дифракция и интерференция электронов



Луи де Бройль

$$p_\gamma = \frac{h\nu}{c} \quad \lambda = \frac{h}{p_\gamma}$$

$$p_e = \frac{h}{\lambda} \quad \lambda_e = \frac{h}{p_e}$$



Результат дифракции рентгеновского излучения (вверху) и пучка электронов (внизу) на кристаллической решетке алюминия



Схема опыта по наблюдению интерференции электронов

ОВ

3

Фотопластинка

ОВ

ИИ



азце

# Рассмотрим задачи:

---

ЕГЭ 2001-2010 (Демо, КИМ)

ГИА-9 2008-2010 (Демо)



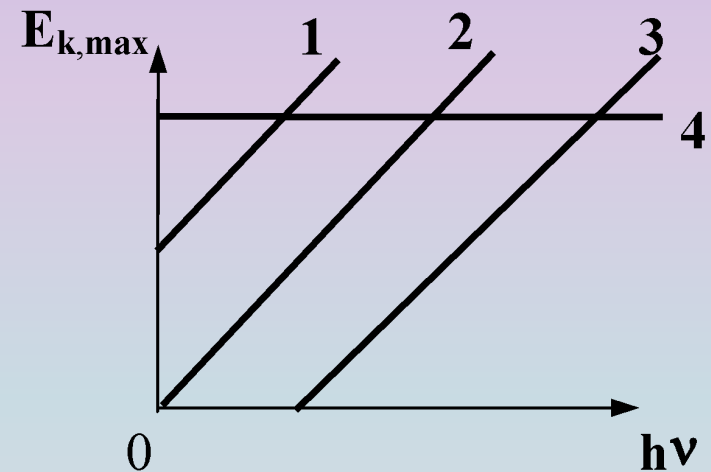
# (ЕГЭ 2002 г., Демо) А22. Масса Солнца уменьшается за счет испускания

---

1. только заряженных частиц
2. только незаряженных частиц
3. только электромагнитных волн различного диапазона
4. частиц и электромагнитных волн

**(ЕГЭ 2003 г., демо) А23.** На рисунке приведены варианты графика зависимости максимальной энергии фотоэлектронов от энергии падающих на фотокатод фотонов. В каком случае график соответствует законам фотоэффекта?

- 1. 1
- 2. 2
- 3. 3
- 4. 4



**(ЕГЭ 2004 г., демо) А19.** Энергия фотона равна

---

1)  $\frac{hc}{\lambda}$

2)  $\frac{h}{\lambda}$

3)  $\frac{h\nu}{c^2}$

4)  $\frac{h\nu}{c}$

# (ЕГЭ 2004 г., демо) А27. Волновыми свойствами

---

1. обладает только фотон
2. обладает только электрон
3. обладают как фотон, так и электрон
4. не обладают ни фотон, ни электрон

**(ЕГЭ 2005 г., ДЕМО) А23.** Фотоны с энергией  $2,1$  эВ вызывают фотоэффект с поверхности цезия, для которого работа выхода равна  $1,9$  эВ. Чтобы максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась в  $2$  раза, нужно увеличить энергию фотона на

1.  $0,1$  эВ
2.  $0,2$  эВ
3.  $0,3$  эВ
4.  $0,4$  эВ

**(ЕГЭ 2007 г., ДЕМО) А25.** Энергия фотона, поглощаемого атомом при переходе из основного состояния с энергией  $E_0$  в возбужденное состояние с энергией  $E_1$ , равна

1)  $E_1 - E_0$

2)  $\frac{E_1 + E_0}{h}$

3)  $\frac{E_1 - E_0}{h}$

4)  $E_1 + E_0$

**(ЕГЭ 2007 г., ДЕМО) А29.** Красная граница фотоэффекта исследуемого металла соответствует длине волны  $\lambda_{\text{кр}} = 600$  нм.

---

При освещении этого металла светом длиной волны  $\lambda$  максимальная кинетическая энергия выбитых из него фотоэлектронов в 3 раза меньше энергии падающего света. Какова длина волны  $\lambda$  падающего света?

1. 133 нм
2. 300 нм
3. 400 нм
4. 1200 нм



фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода  $3,4 \cdot 10^{-19}$  Дж и стали освещать ее светом частоты  $6 \cdot 10^{14}$  Гц.

---

Затем частоту уменьшили в 2 раза, одновременно увеличив в 1,5 раза число фотонов, падающих на пластину за 1 с. В результате этого число фотоэлектронов, покидающих пластину за 1 с,

1. увеличилось в 1,5 раза
2. стало равным нулю
3. уменьшилось в 2 раза
4. уменьшилось более чем в 2 раза

**(ЕГЭ 2009 г., ДЕМО) А23.** Фотоэффект наблюдают, освещая поверхность металла светом фиксированной частоты. При этом задерживающая разность потенциалов равна  $U$ . После изменения частоты света задерживающая разность потенциалов увеличилась на  $\Delta U = 1,2$  В. На сколько изменилась частота падающего света?

1.  $1,8 \cdot 10^{14}$  Гц
2.  $2,9 \cdot 10^{14}$  Гц
3.  $6,1 \cdot 10^{14}$  Гц
4.  $1,9 \cdot 10^{15}$  Гц

**(ЕГЭ 2010 г., ДЕМО) А23.** Дан график

---

зависимости числа нераспавшихся ядер эрбия от времени. Каков период полураспада этого изотопа?

1. 25 часов
2. 50 часов
3. 100 часов
4. 200 часов

**(ЕГЭ 2010 г., ДЕМО) А23.**

Для опытов по фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода  $3,4 \cdot 10^{-19}$  Дж и стали освещать ее светом частоты  $6 \cdot 10^{14}$  Гц. Затем частоту уменьшили в 2 раза, одновременно увеличив в 1,5 раза число фотонов, падающих на пластину за 1 с. В результате этого число фотоэлектронов, покидающих пластину за 1 с,

1. увеличилось в 1,5 раза
2. стало равным нулю
3. уменьшилось в 2 раза
4. уменьшилось более чем в 2 раза

1. Берков, А.В. и др. Самое полное издание типовых вариантов реальных заданий ЕГЭ 2010, Физика [Текст]: учебное пособие для выпускников. ср. учеб. заведений / А.В. Берков, В.А. Грибов. – ООО "Издательство Астрель", 2009. – 160 с.
2. Касьянов, В.А. Физика, 11 класс [Текст]: учебник для общеобразовательных школ / В.А. Касьянов. – ООО "Дрофа", 2004. – 116 с.
  3. Квантовая физика. Электронный каталог учебных таблиц / [http://www.posobiya.ru/SREDN\\_SKOOL/PHISIC/N131/index.html](http://www.posobiya.ru/SREDN_SKOOL/PHISIC/N131/index.html)
4. Мякишев, Г.Я. и др. Физика. 11 класс [Текст]: учебник для общеобразовательных школ / учебник для общеобразовательных школ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев. – "Просвещение", 2009. – 166 с.
  5. Опыт Столетова А.Г. PHYSBOOK.RU/  
[http://www.physbook.ru/index.php/%D0%9E%D0%BF%D1%8B%D1%82\\_%D0%A1%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0\\_%D0%90%D0%93](http://www.physbook.ru/index.php/%D0%9E%D0%BF%D1%8B%D1%82_%D0%A1%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%90%D0%93).
  6. Открытая физика [текст, рисунки]/ <http://www.physics.ru>
  7. Подготовка к ЕГЭ <http://egephizika>
8. Полный комплект цветных таблиц по физике. Весь курс средней школы 100 таблиц формата А1. . Издательство ВАРСОН / [http://www.varson.ru/physics\\_ser9kvant.html](http://www.varson.ru/physics_ser9kvant.html)
9. Федеральный институт педагогических измерений. Контрольные измерительные материалы (КИМ) Физика // [Электронный ресурс]// <http://fipi.ru/view/sections/92/docs/>
10. Фотон. Большая советская энциклопедия. Яндекс-словари / <http://slovari.yandex.ru/dict/bse/article/00085/02500.htm>
11. Фотоэффект. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов / <http://school-collection.edu.ru/catalog/search/?text=%D4%BE%F2%EE%FD%F4%F4%E5%EA%F2&tg=>