

# ФОТОЭФФЕКТ

## 11 КЛАСС

- Учитель физики  
Григорьева Л.И.

Санкт-Петербург, СБГОУ  
№ 155

# Фотоэффект.

Фотоэлектрический эффект был открыт в 1887 году немецким физиком Г. Герцем был открыт в 1887 году немецким физиком Г. Герцем и в 1888–1890 годах экспериментально исследован А. Г. Столетовым. Наиболее полное исследование явления фотоэффекта было выполнено Ф. Ленардом в 1900 г. К этому времени уже был открыт электрон (Д. Томсон, 1897 г.), и стало ясно, что фотоэффект (или точнее – внешний фотоэффект) **состоит в вырывании электронов из вещества под действием падающего на него света.**

## План исследования

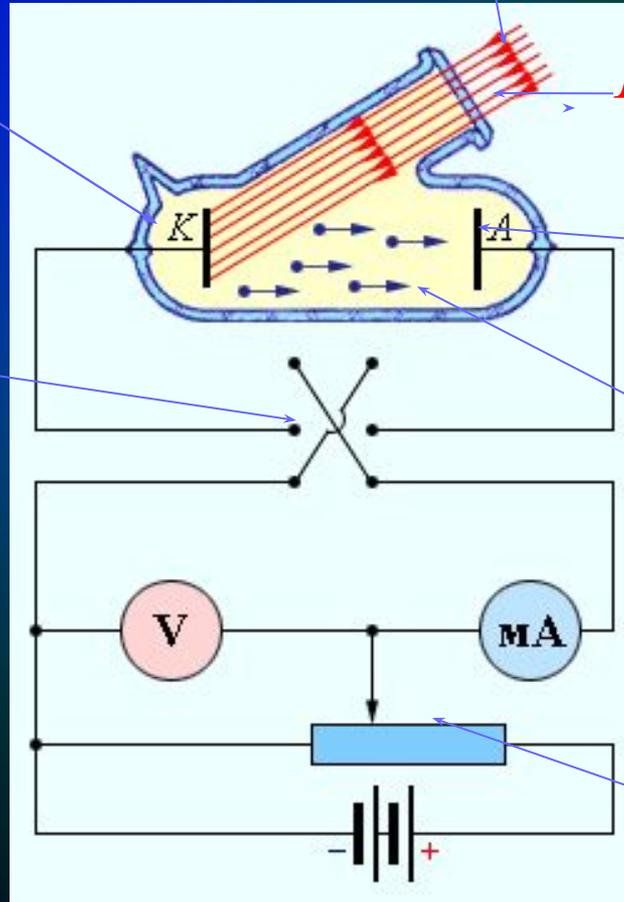
1.  $I(U)$ -Вид зависимости, Физический смысл характерных точек
2.  $I(U)$ -при различных значениях светового потока светом одной частоты
3.  $I(U)$  при освещении светом разной частоты.
4.  $I(U)$  для разного материала катода

*Источник*

*монохроматического  
света длины волны  $\lambda$*

*Катод К*

*Двойной ключ  
для  
изменения  
полярности*



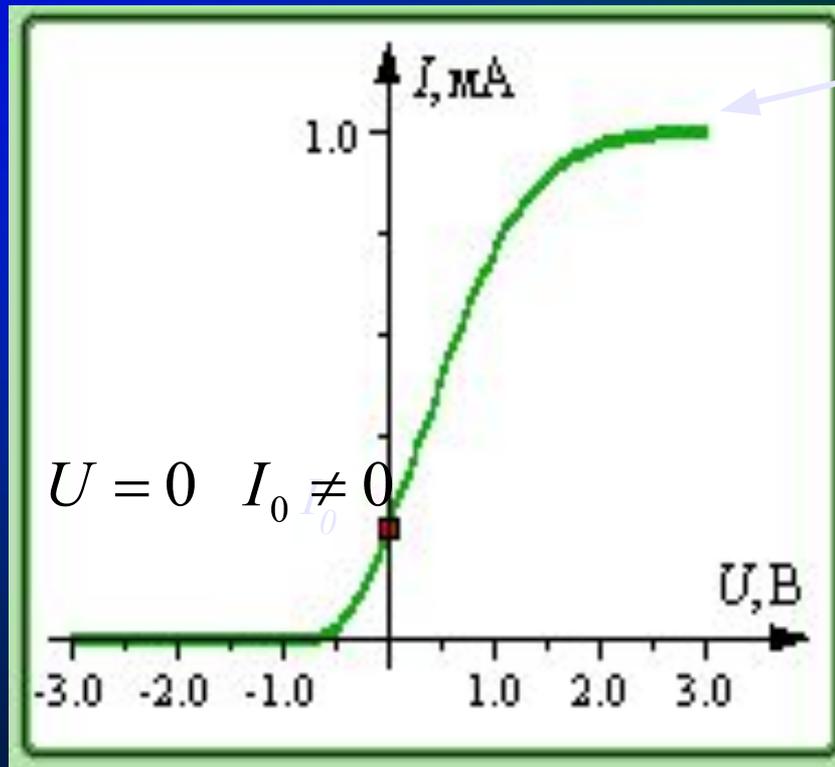
*Кварцевое окошко*

*Анод А*

*Стеклянный  
вакуумный  
баллон*

*Потенциометр для  
регулирования  
напряжения*

## Анализ вольт-амперной характеристики.



- Начиная с некоторого значения напряжения сила тока в цепи перестает изменяться, достигнув насыщения.

При отсутствии внешнего поля ток не равен 0  
Изменение направления внешнего поля приводит к исчезновению тока

Если за  $t=1$  с из катода вылетает  $N$  электронов, то их суммарный заряд  $|q|=|e|N$ . Тогда

$$I=q/t=\text{const}=I_{\text{нас}}$$

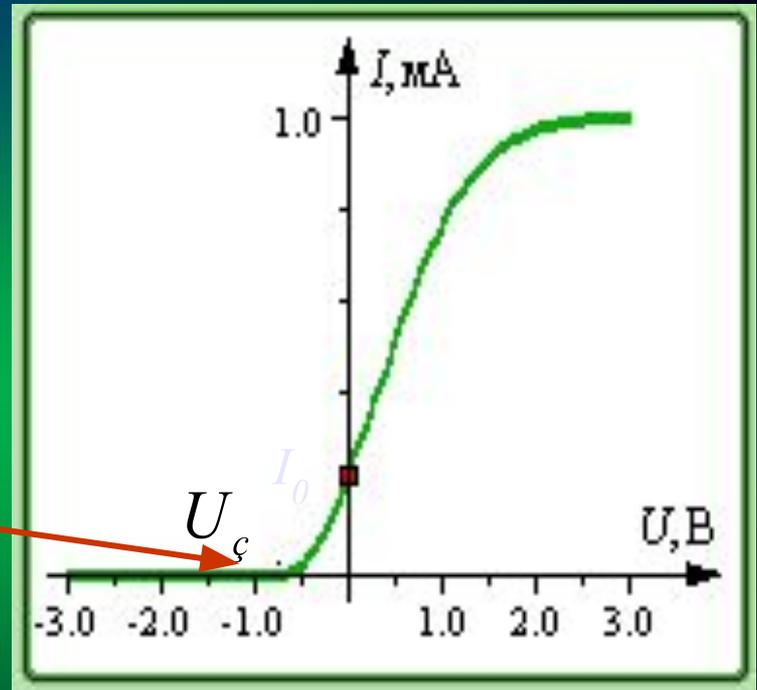
$$I_{\text{нас}} \sim N$$

*Фототок насыщения (количество электронов, вырванных с поверхности катода) прямо пропорционален интенсивности света, падающего на катод ( $\Phi$ )*

# Анализ вольт-амперной характеристики.

- При таком значении напряжения сила тока в цепи анода равна нулю.

*Напряжение  
запирания  
(запирающее  
напряжение)*



При  $U > U_z$  в результате облучения электроны, выбитые из электрода, могут достигнуть противоположного электрода и создать некоторый начальный ток.

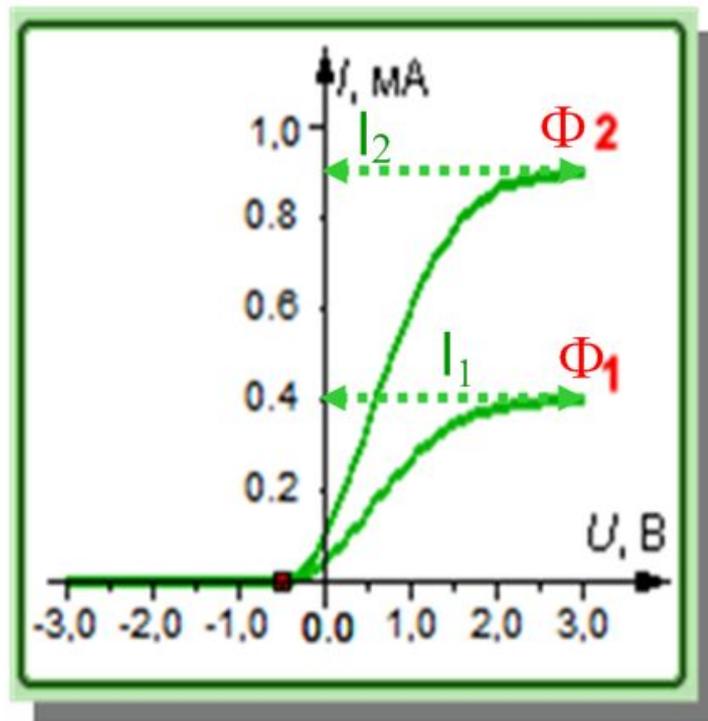
# Согласно закону сохранения энергии

$$eU_3 = \frac{mv_{\max}^2}{2}$$

где  $m$  - масса электрона,  
а  $v_{\max}$  - максимальная скорость  
фотоэлектрона.

# ВАХ от интенсивности светового потока одной частоты

Значение запирающего напряжения не меняется!



$$\Phi_2 > \Phi_1$$
$$I_2 > I_1$$
$$U_3 = \text{const}$$
$$\nu = \text{const}$$

Сила тока насыщения то есть число выбитых светом электронов за 1с растет

# Первый закон фотоэффекта

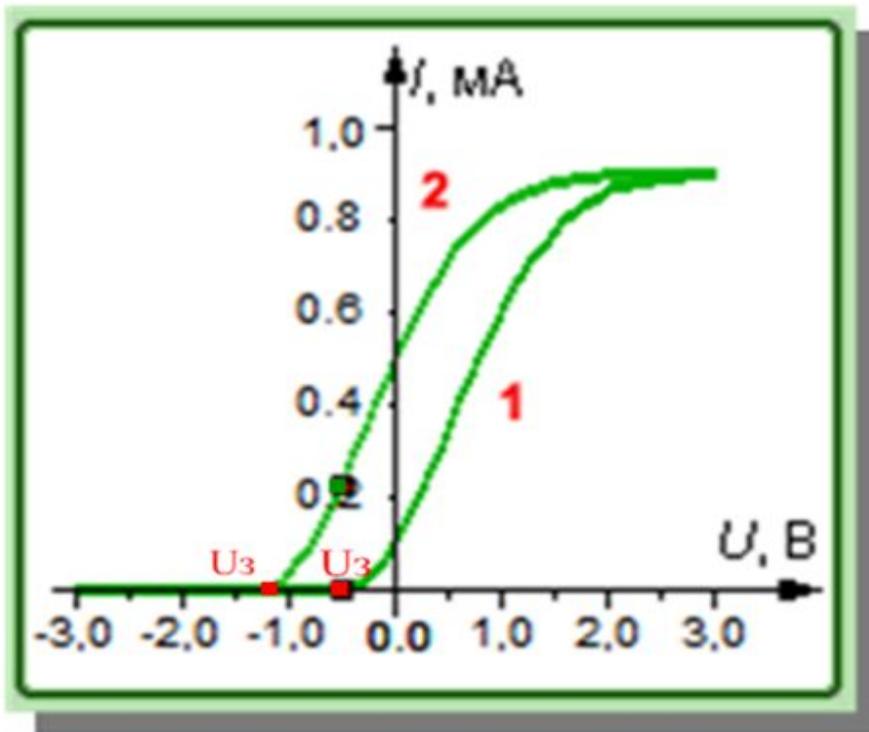
*Фототок насыщения пропорционален световому потоку, падающему на металл.*

**ИЛИ**

*Количество фотоэлектронов, выбиваемых светом с поверхности металла за 1 с, прямо пропорционально поглощаемой за это время энергии световой волны.*

# ВАХ для световых потоков различных частот

при неизменной интенсивности светового потока



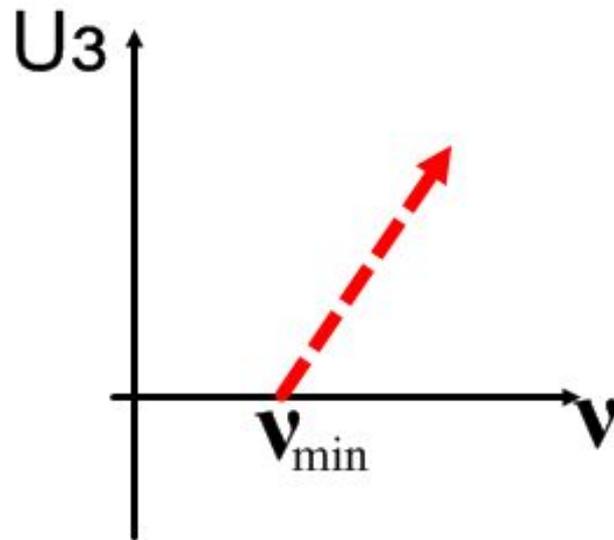
$$\nu_2 > \nu_1$$

$$U_2 > U_1$$

Значение  
зарирающего  
напряжения  
зависит от  
частоты  
падающего  
света

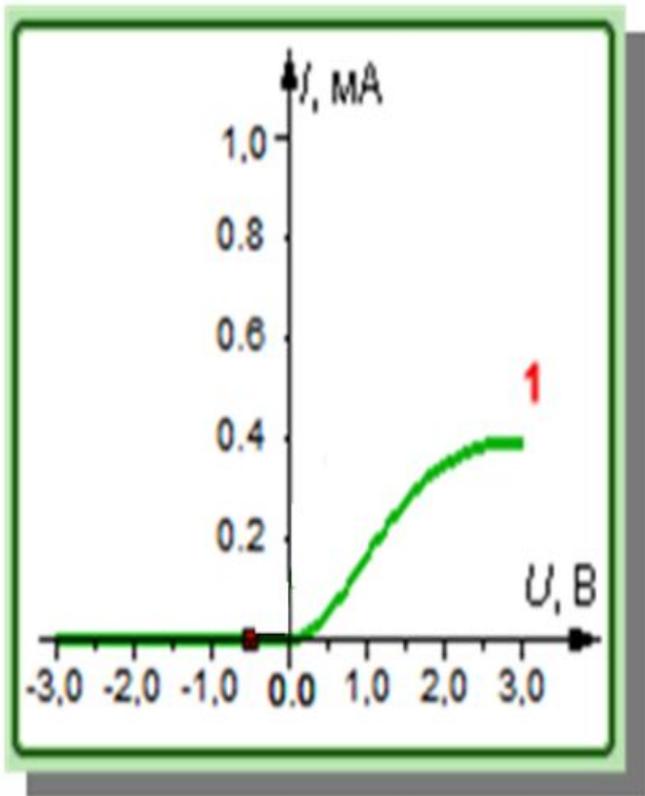
$$|e|U_3 = E_{\text{к}} = \frac{m\nu^2}{2}$$

# Второй закон фотоэффекта



*Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов прямо пропорциональна частоте света и не зависит от его интенсивности.*

# Третий закон фотоэффекта



при  $\nu < \nu_{\min}$   
 $U_3 = 0$   
 $I = 0$

Каждому  
веществу  
соответствует  
минимальная  
частота  
излучения  
(красная  
граница), ниже  
которой  
фотоэффект  
невозможен

$\nu_{\min}$   
 $\lambda$

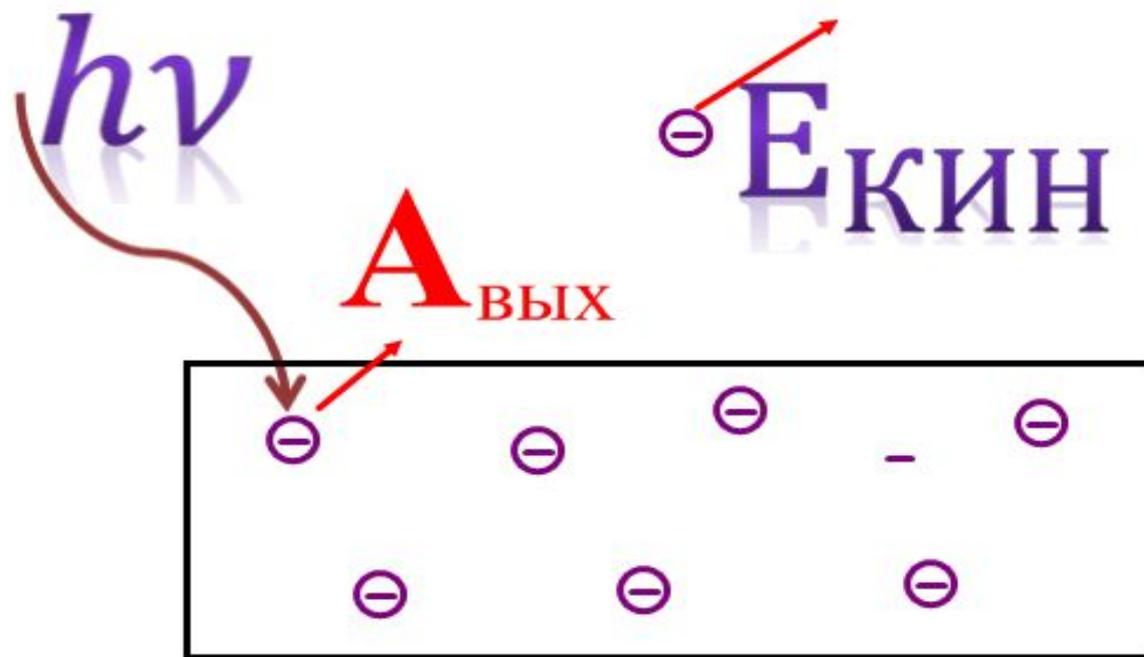
- **ПОЧЕМУ ЭЛЕКТРОНЫ  
ВЫЛЕТАЮТ ИЗ ВЕЩЕСТВА?**
- **ПОЧЕМУ СВЕТ ЛЮБОЙ ЧАСТОТЫ  
НЕ ПРИВОДИТ К  
ФОТОЭФФЕКТУ?**
- **ПОЧЕМУ КИНЕТИЧЕСКАЯ  
ЭНЕРГИЯ ФОТОЭЛЕКТРОНОВ  
ЗАВИСИТ ОТ ЧАСТОТЫ  
ПАДАЮЩЕГО СВЕТА?**

# Объяснение фотоэффекта

- 1. Свет-поток частиц-квантов
- 2. Квант поглощается электроном целиком и вся энергия передается этому электрону
- 3. Энергия каждого фотона определяется формулой Планка  $E = h\nu$



НА ЧТО РАСХОДУЕТСЯ ЭНЕРГИЯ  
ПОГЛОЩЕННОГО КВАНТА?



# Работа выхода.

Энергию связи  
электрона в  
металле  
характеризуют  
работой  
выхода

Вещество	Работа выхода, эВ
Цезий	1,8
Калий	2,2
Цинк	4,2
Серебро	4,3
Вольфрам	4,5
Платина	5,3

$$A = h\nu_{min}$$

Работа выхода –  
минимальная  
работа,  
которую нужно  
совершить для  
удаления  
электрона из  
металла

= /

# Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта (закон сохранения энергии)

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$$

$h\nu$  - энергия кванта электромагнитного излучения

$\nu$  - частота излучения

$h$  - постоянная Планка

$A$  - работа выхода для данного вещества

$\frac{mv^2}{2}$  - кинетическая энергия фотоэлектронов

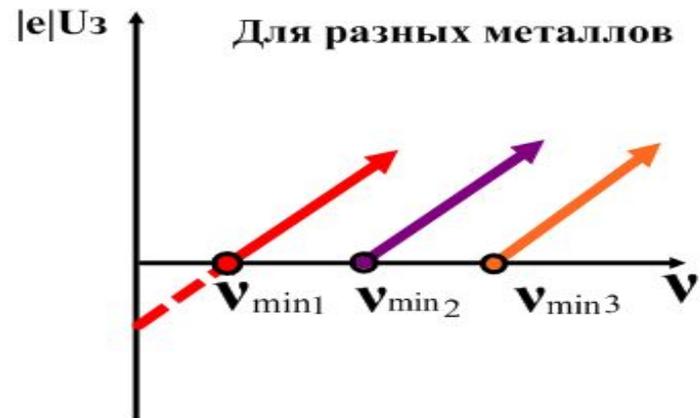
$$h\nu = A_{\text{вых}} + eU_{\text{зад}} \quad \frac{mv^2}{2} = eU_{\text{зад}}$$

# Определение постоянной Планка

- $|e|U_3 = h\nu - h\nu_{\min}$

- Угол наклона прямых на оси частот одинаков для различных металлов

- $h = |e|U / (\nu - \nu_{\min})$



# Вопросы и задачи:

1. По какой причине открытые окна домов днем кажутся черными, хотя в комнате достаточно светло из-за отражения дневного света от стен?
2. Приведите примеры абсолютно черных тел.
3. Найдите энергию фотона с длиной волны 400 нм.
4. Используя данные таблицы (см. слайд 12), найдите красную границу фотоэффекта для калия.
5. Найдите задерживающую разность потенциалов для фотоэлектронов, вырываемых с поверхности натрия ( $A_{\text{вых}} = 2,28 \text{ эВ}$ ) светом с длиной волны 400 нм.