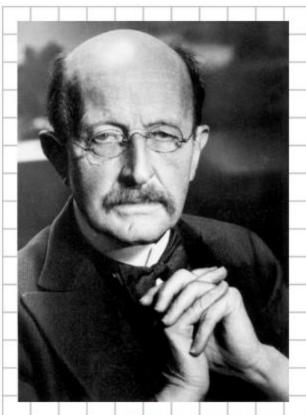
# Фотоэфект



### Планк Макс (1858—1947) -

великий немецкий физик-теоретик, основатель квантовой теории — современной теории движения, взаимодействия и взаимных превращений микроскопических частиц. В 1900 г. в работе по исследованию теплового излучения предположил, что энергия осциллятора (системы, совершающей гармонические колебания) принимает дискретные значения, пропорциональные частоте колебаний, энергия излучается отдельными порциями. Большой вклад внес в развитие термодинамики.

Гипотеза Планка: атомы испускают электромагнитную энергию не непрерывно, а отдельными порциями

Квант – отдельная порция электромагнитного излучения

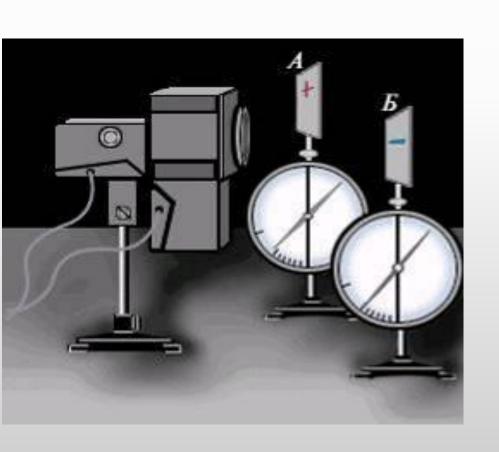
E = h v

энергия кванта

 $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж · с

постоянная Планка

## Опыт с цинковой пластиной

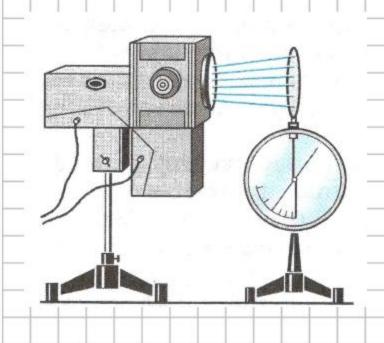


## 1887 год, Генрих Герц

- 1.Зарядим электрометр с цинковой пластинкой "+" и облучим УФЛ заряд не изменяется.
- 2. Зарядим электрометр "-" и облучаем электрометр разрядился.
- 3. Если на пути поставить стекло, то заряд не изменится.

Вывод: УФЛ выбивают из цинка электроны.

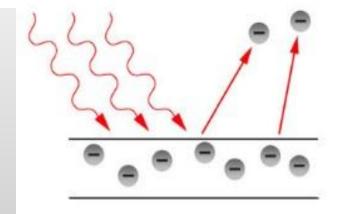
## Фотоэффект - явление вырывания электронов из вещества под действием света

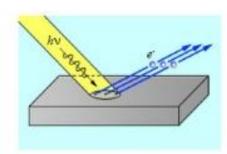


Опыт нельзя объяснить на основе волновой теории света: почему волны малой частоты не могут вырвать электроны даже при большой интенсивности освещения?

Вывод: с поверхности цинка электроны вырывает ультрафиолетовый свет, так как его частота больше, а значит и больше энергия каждого кванта

E = hv

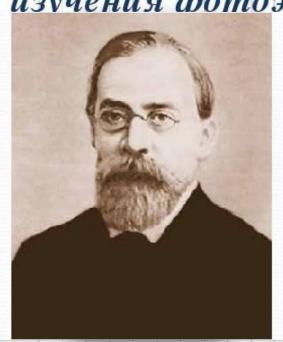




Явление фотоэффекта стало подтверждением квантовой гипотезы.

Этапы изучения фотоэффекта



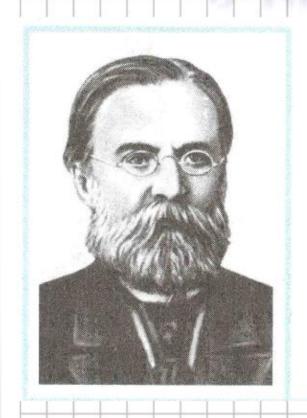




Генрих Герц - открытие явления.1887 год.

А.Г.Столетов - исследовал фотоэффект и установил его количественные закономерности. 1888 год.

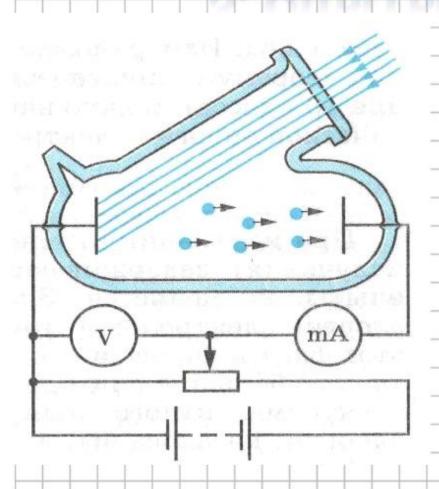
А. Эйнштейн - обосновал квантовую природу фотоэффекта. 1905 год.



Столетов Александр Григорьевич (1839—1896) русский физик. Исследование фотоэффекта принесло ему мировую известность. Показал также возможность применения фотоэффекта на практике. В докторской диссертации «Исследования о функции намагничения мягкого железа» разработал метод исследования ферромагнетиков и установил вид кривой намагничения. Эта работа широко использовалась на практике при конструировании электрических машин. Был инициатором создания Физического института при Московском университете.

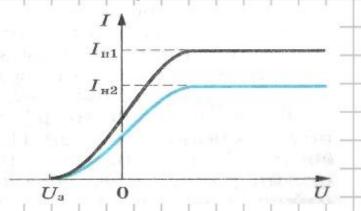
- 1. От чего зависит число вырванных светом электронов (фотоэлектронов)?
  - 2. Чем определяется скорость (кинетическая энергия) этих фотоэлектронов?

## 3. ОПЫТЫ СТОЛЕТОВА



Принцип работы установки

- 1. Без освещения светом катода тока в цепи нет, т.к. нет носителей заряда.
- 2. При освещении светом катода возникает фототок даже при отсутствии разности потенциалов.
- 3. При некотором напряжении возникает фототок *насыщения*.



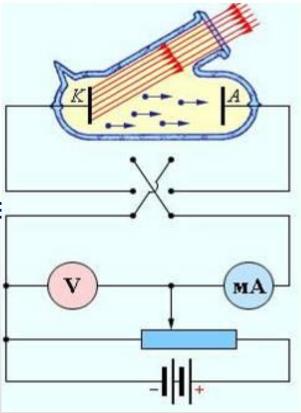
4. При увеличении интенсивности излучения фототок насыщения увеличивается.



## Законы фотоэффекта

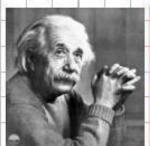
•1) Количество вырванных электронов прямо пропорционально количеству падающего света.

•2) Скорость вырванных электронов зависит от частоты падающего света, чем частота больше, тем скорость больше.



## 4. ТЕОРИЯ ФОТОЭФФЕКТА

В 1905 году Эйнштейн объяснил фотоэффект на основе квантовой гипотезы Планка: излученная порция световой энергии  $E=h_{\mathcal{V}}$  поглощается целиком.



$$hv = A_{\rm B} + \frac{mv^2}{2}$$

Формула Эйнштейна для фотоэффекта

Работа выхода – минимальная энергия, которую надо сообщить электрону,

Физический смысл уравнения Эйнштейна для фотоэффекта:

энергия кванта света расходуется на работу по вырыванию электрона из металла и на сообщение ему кинетической энергии

## 4. ТЕОРИЯ ФОТОЭФФЕКТА

$$hv = A_{\scriptscriptstyle \mathrm{B}} + rac{m v^2}{2}$$

Если  $h\nu > A_{\rm B}$ , то фотоэффект наблюдается

Если  $hv < A_{\rm B}$ , то фотоэффекта нет

Красная граница фотоэффекта:  $u_{min} = rac{A_{
m B}}{h}$ 

Красная граница фотоэффекта:  $\lambda_{max} = \frac{hc}{A_{p}}$ 

**Красная граница фотоэффекта** — предельная частота  $v_{min}$ , ниже которой фотоэффект не наблюдается.

Третий закон фотоэффекта: для каждого вещества существует минимальная частота света (максимальная длина волны), ниже которой фотоэффект невозможен

## 4. ТЕОРИЯ ФОТОЭФФЕКТА

# Красная граница фотоэффекта: $u_{min} = rac{A_{\mathrm{B}}}{h}$

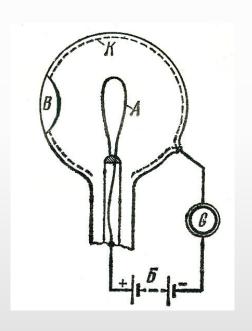
Работа выходов электронов

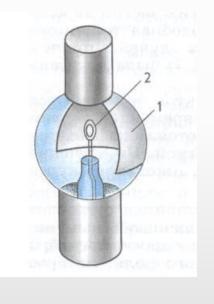
Вещество		эВ
Цезий	Cs	1,89
Калий	K	2,15
Барий	Ba	2,29
Литий	Li	2,39
Цинк	Zn	3,74
Титан	Ti	3,92
Серебро	Ag	4,30
Медь	Cu	4,46
Вольфрам	W	4,50
Золото	Au	4,58
Платина	Pt	5,30

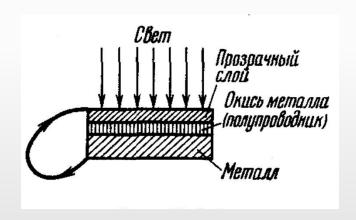
$\frac{mv^2}{2} = eU_3$
$hv = A_{\rm B} + \frac{mv^2}{2}$
$hv = A_{\rm B} + eU_{\rm 3}$
$A_E = qU = eU_3$
Единица измерения работы:
эВ = 1,6 · 10 <sup>−19</sup> Дж

Вакуумный фотоэлемент Внешний фотоэффект Полупроводниковый фотоэлемент-

Внутренний фотоэффект





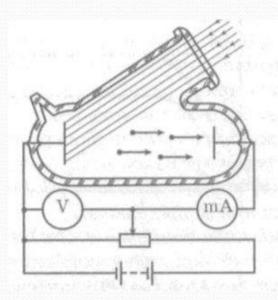


фотоэлемент - устройство, в котором световая энергия превращается в электрическую.

# Фотоэлемент – устройство, в котором энергия света управляет энергией электрического тока или преобразуется в нее

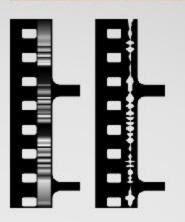


Первый фотоэлемент, основанный на внешнем фотоэффекте, создал **Александр Григорьевич Столетов** в конце XIX века



- Заговорило кино и стала возможной передача движущихся изображений.
- Контроль размеров изделий.
- Автоматическое включение и выключение маяков и уличного освещения.
- Автоматизация станков на заводах.
- «Видящие» автоматы в метро.
- Солнечные батареи (космические корабли)











- 1) С помощью фотоэффекта «заговорило» кино и стала возможной передача движущихся изображений (телевидение)
- 2) Создание станков, которые без всякого участия человека изготовляют детали по заданным чертежам
- 3) Основанные на фотоэффекте приборы контролируют размеры изделий лучше любого человека, вовремя включают и отключают маяки и уличное освещение и т.п.

#### фотоэлементы

Турникеты в метро



Фотоэлементы зажигают маяки и уличные фонари с наступлением темноты

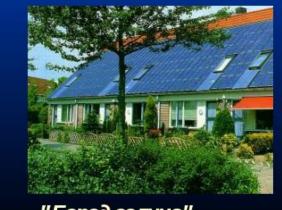


Станок оптический профилешлифовальный





солнечный электромобиль

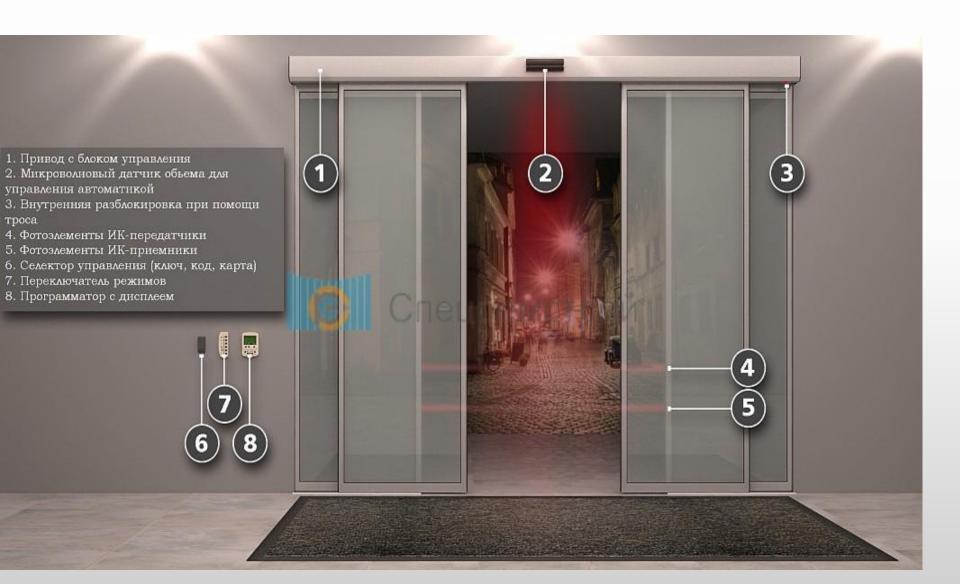


"<u>Город солнца"</u> ( крыши покрыты солнечными панелями)





солнечные батареи для мобильного телефона, ноутбука



#### Фотон

- Фотон (пер. с греч. «свет») элементарная частица, квант электромагнитного излучения.
- Свойства света, обнаруживаемые при его излучении и поглощении, назвали **корпускулярными**.
- Основные свойства фотона
- является частицей электромагнитного поля,
- движется со скоростью света,
- существует только в движении,
- масса покоя равна нулю.

## Фотоны

- •Квант, фотон, порция света
- •Фотон не имеет массы покоя, существует только в движении.
- •1.Энергия фотона E = hv
- •2.Импульс фотона р=тс
- •3. Масса фотона E = hv  $E=mc^2$

## Корпускулярно-волновой дуализм

- •Представление о том, что электромагнитные волны состоят из элементарных частиц фотонов, является примером корпускулярно-волнового дуализма: в одних экспериментах (интерференция, дифракция) свет проявляет себя как волна, в других (фотоэффект) как частица.
- •В 1923 выдвинута гипотеза об универсальности **корпускулярно-волнового дуализма**.

