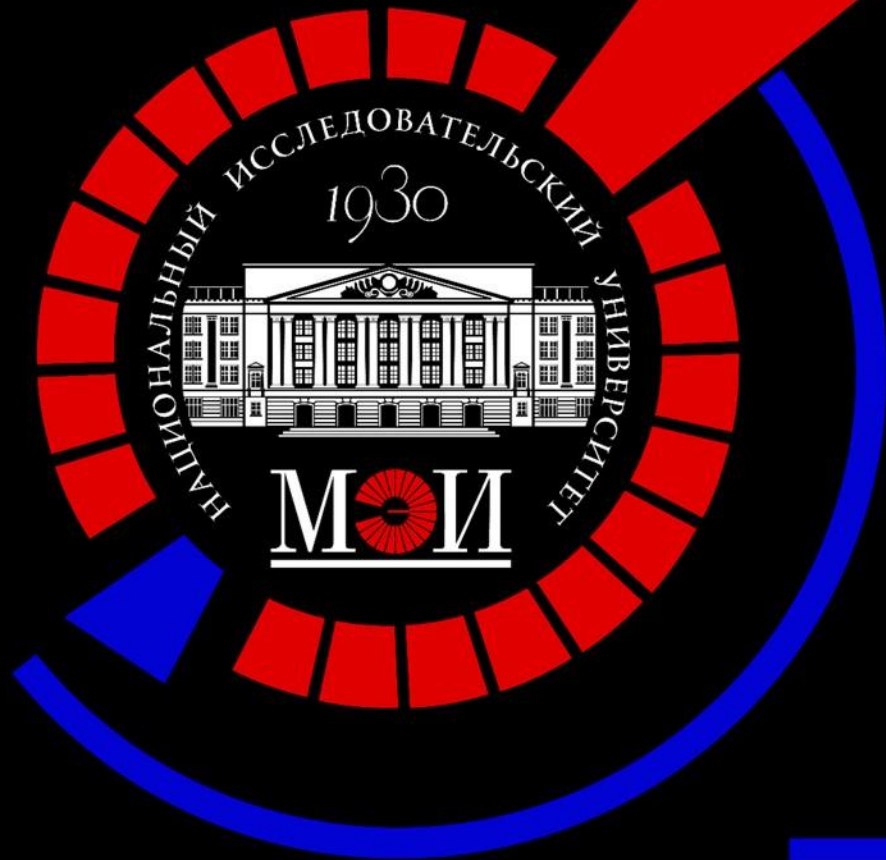
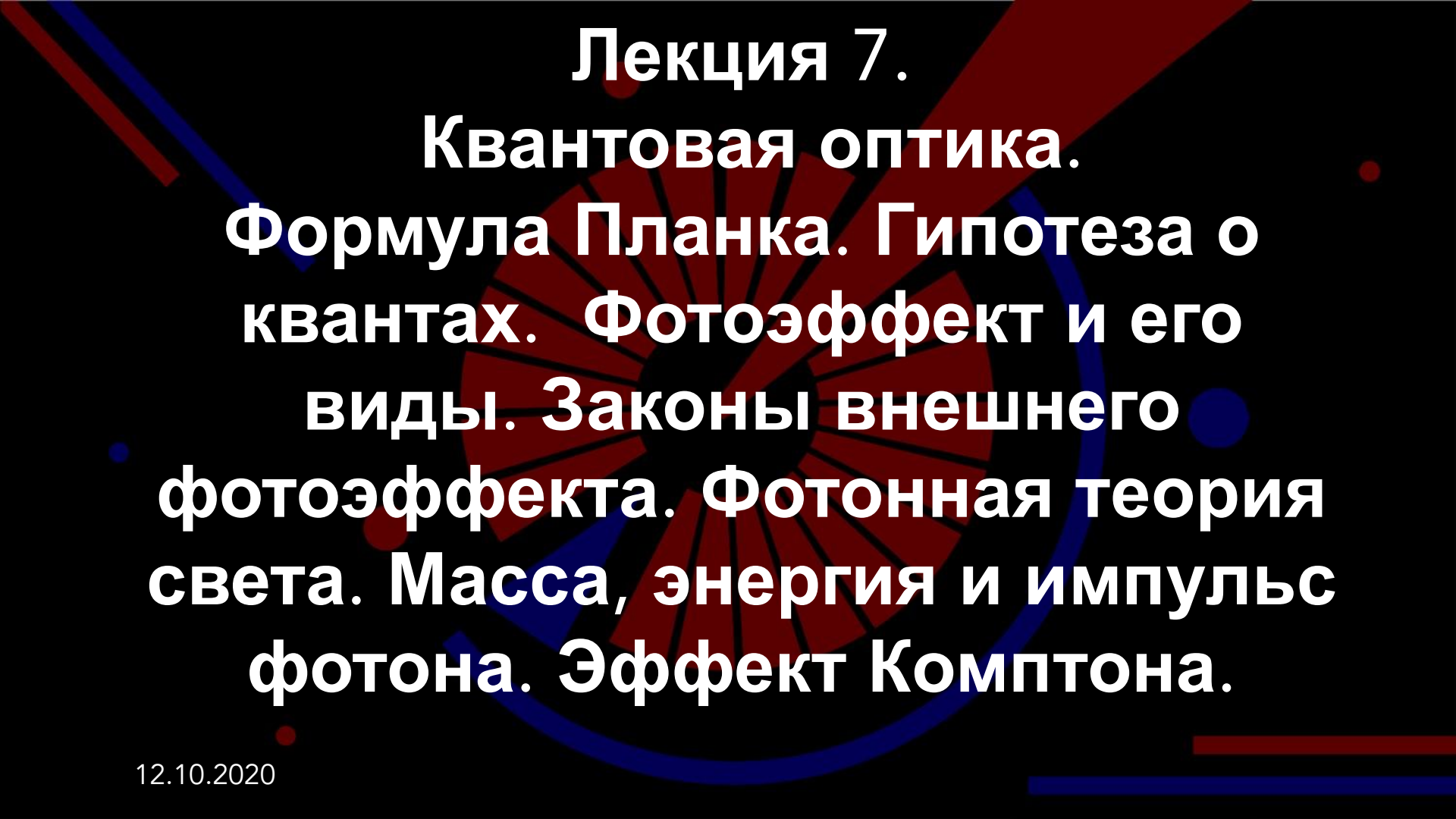






Лекция 7.

Квантовая оптика.

Формула Планка. Гипотеза о квантах. Фотоэффект и его виды. Законы внешнего фотоэффекта. Фотонная теория света. Масса, энергия и импульс фотона. Эффект Комптона.

Внешний фотоэлектрический эффект

- Внешний фотоэлектрический эффект (внешний фотоэффект) – явление вырывания электронов из твердых и жидких веществ под действием света.
- Существует аналогичное явление в газах (ионизация атомов и молекул газа под действием света), которое называется фотоионизацией.
- Фотоэффект у металлов впервые был подробно исследован русским физиком А.Г. Столетовым в 1888-1890 гг.

Опыт Столетова

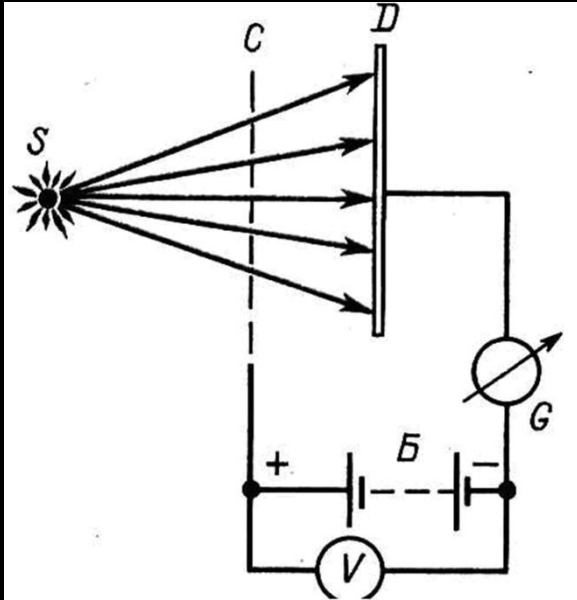


Рис. 7.1.

- S – источник света;
- C – медная сетка;
- D – цинковая пластинка;
- Б – аккумуляторная батарея;
- G – гальванометр;
- V – вольтметр.

Усовершенствованная

установка

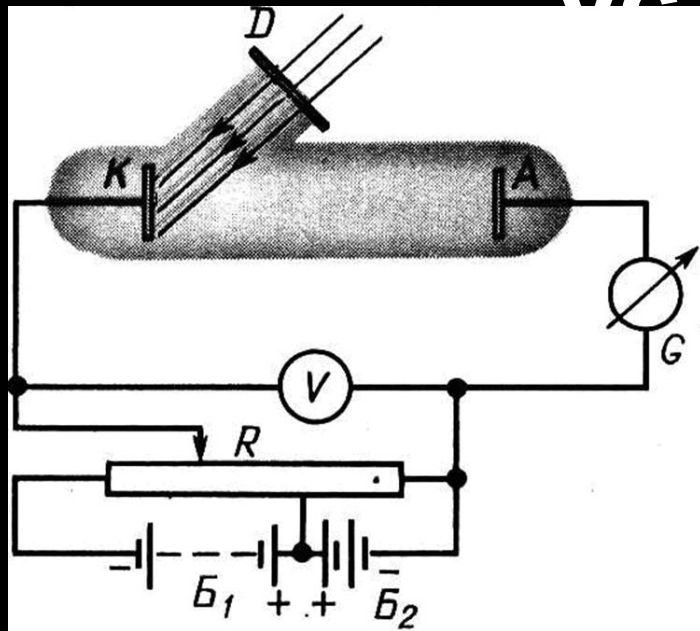


Рис. 7.2.

используется
вакуумная трубка,
монохроматическо
е излучение;
напряжение
регулируется
потенциометром.

Вольтамперные характеристики фотоэффекта

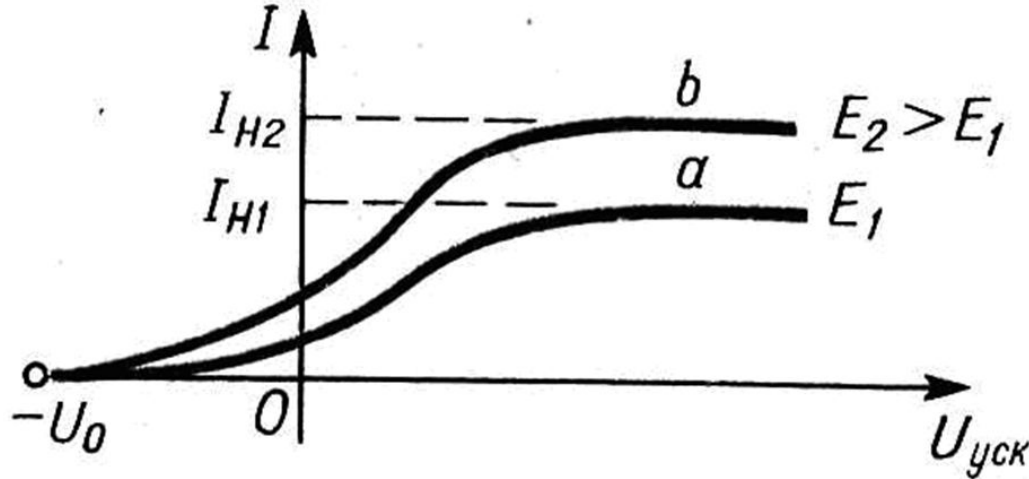


Рис. 7.3.

- E – освещенность фотокатода;
- I_H – ток насыщения;
- U_0 – задерживающее напряжение.

Законы фотоэффекта

- 1. Максимальная начальная скорость фотоэлектронов определяется частотой света и не зависит от его интенсивности.
- 2. Для каждого вещества существует красная граница фотоэффекта, т.е. минимальная частота ν_0 света, при которой еще возможен внешний фотоэффект (ν_0 зависит от химической природы вещества фотокатода и состояния его поверхности).
- 3. Фототок насыщения пропорционален освещенности фотокатода.
- 4. Фотоэффект практически безынерционен.

Формула Эйнштейна для фотоэффекта

- Законы 1,2,4 не имеют классического объяснения.
- Объяснение законам фотоэффекта дал Эйнштейн в 1905 г, используя квантовую гипотезу Планка.
- $h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка;
- A – работа выхода;
- m – масса электрона.

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.1)$$

Экспериментальное определение постоянной Планка

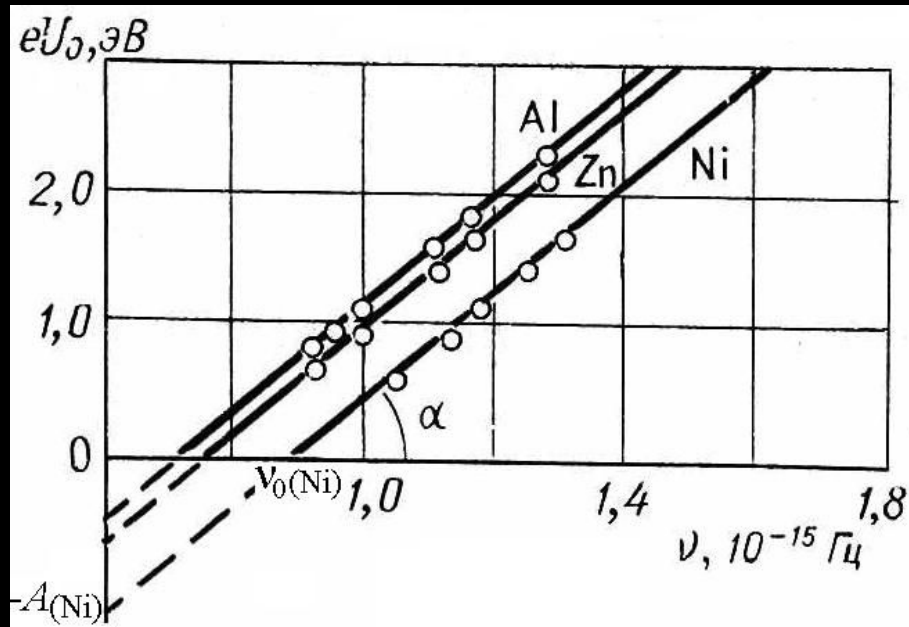


Рис. 7.4.

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.2)$$

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.3)$$

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.4)$$

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.5)$$

Многофотонный

фотоэффект

При большой интенсивности света (например от лазера) становится существенной вероятность того, что на электрон одновременно упадут два или несколько одинаковых фотона.

- В этом случае фотоэффект приобретает классические черты.
- Нарушается закон красной границы фотоэффекта.
- Максимальная начальная скорость фотоэлектронов возрастает с увеличением интенсивности света.
- Такие многофотонные процессы взаимодействия света высокой интенсивности с веществом изучаются в нелинейной оптике.

Масса и импульс фотона

- Помимо энергии фотон обладает также массой и импульсом.
- Формула для массы фотона может быть непосредственно выведена из формулы, выражающей взаимосвязь массы и энергии в теории относительности.

$$hv = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.6)$$

$$hv = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.7)$$

$$hv = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.8)$$

$$hv = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.9)$$

- Масса фотона существенно отличается от массы микроскопических тел и масс других «элементарных» частиц. Это отличие состоит в том, что фотон не обладает массой покоя. Покоящихся фотонов не существует.

Масса и импульс фотона

- Фотон всегда в любом веществе движется со скоростью c . Этот вывод не противоречит тому, что фазовая и групповая скорости света в веществе отличны от c . Распространение света в среде сопровождается процессами «переизлучения» — фотоны поглощаются и вновь испускаются частицами среды.
- Из сказанного видно, что современные квантовые представления о свойствах света существенно отличаются от ньютоновской корпускулярной теории света.

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.10)$$

Масса и импульс фотона

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.11)$$

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.12)$$

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.13)$$

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.14)$$

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.15)$$

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.16)$$

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.17)$$

- Фотон обладает всеми тремя характеристиками любой движущейся частицы: массой, импульсом, энергией, которые связаны с волновой характеристикой ν .

Теория эффекта Комптона

- Теория эффекта Комптона

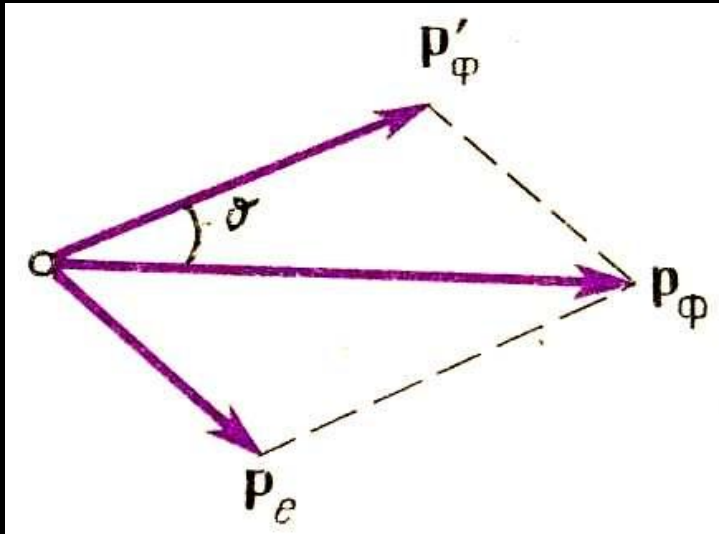


Рис. 7.5.

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

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.18)$$

Теория эффекта Комптона

- Закон сохранения энергии

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

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

(7.19)

Закон сохранения энергии

(7.18), (7.19) =>

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.20)$$

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.21)$$

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.22)$$

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.23)$$

Закон сохранения энергии

$$| \quad h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad | \quad (7.24)$$

$$h\nu = A + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (7.25)$$

Кинетическая энергия электрона отдачи

$$h\nu = A + \frac{mv_{\max}^2}{2} \quad (7.26)$$

(7.20) = >

$$h\nu = A + \frac{mv_{\max}^2}{2} \quad (7.27)$$

$$h\nu = A + \frac{mv_{\max}^2}{2} \quad (7.28)$$

$$h\nu = A + \frac{mv_{\max}^2}{2} \quad (7.29)$$

СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!

