

Курсовая работа на тему:  
Научные основы элективного  
курса «Световые кванты»

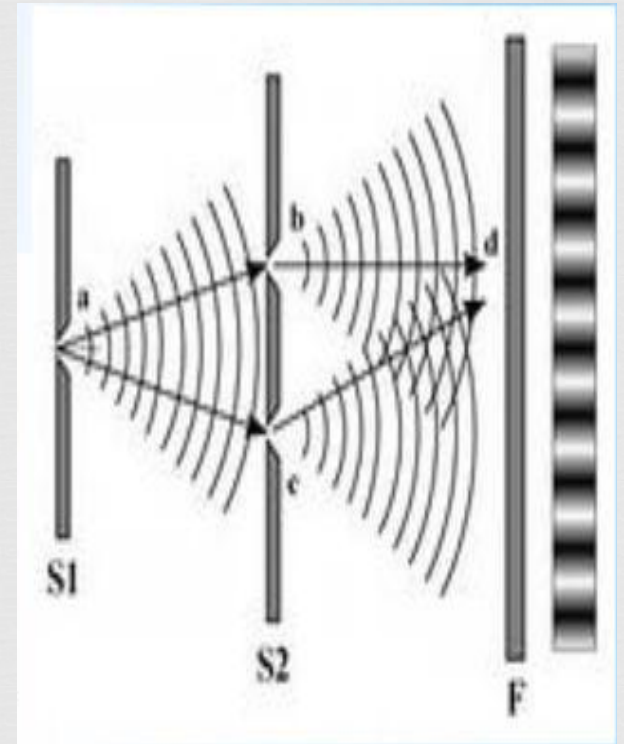


Студент:

Научный руководитель:

# Свет – это электромагнитная волна

- В середине XIX века преобладала **волновая теория света.**
- Физики Т. Юнг и О. Френель исследовали интерференцию и дифракцию
- Измерения скорости света в воде и воздухе доказывали волновую теорию (1850)
- Законы Максвелла и опыты Герца (1887) по электромагнетизму подтвердили **электромагнитную природу света.**



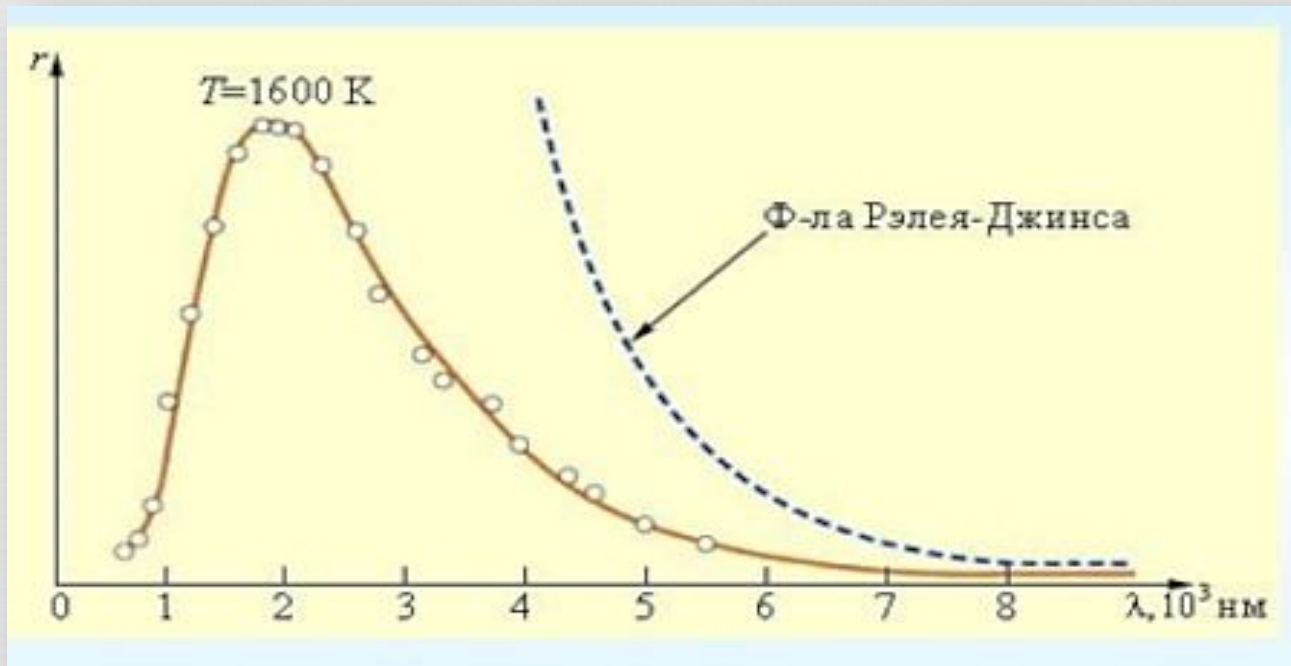
# Противоречия классической физики в конце XIX века



- Испускание и поглощение света различными атомами происходит на дискретных частотах, связанных к тому же простыми алгебраическими соотношениями (например, для серии Бальмера в спектре атома водорода, 1885 г.).
- Существование **красной границы фотоэффекта** открыто Герцем и Столетовым (1887-1890)

# Ультрафиолетовая «катастрофа»

- Полная энергия излучения абсолютно черного тела на коротких волнах оказывалась бесконечной согласно закону Рэля-Джинса (1900). Что означало переход всей тепловой энергии тела в излучение.



# Свет излучается порциями энергии – квантами!

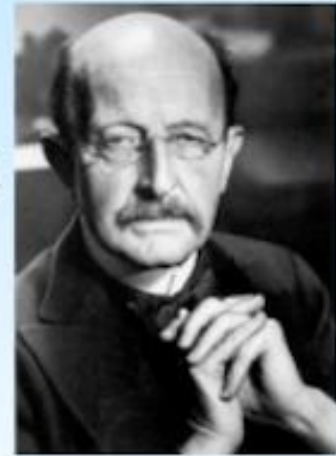
□ В 1900 г. Планк выдвинул гипотезу о квантах - это минимальная порция энергии, излучаемой или поглощаемой телом.

□ Энергия кванта прямо пропорциональна частоте света:  $E=hf$ ,

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

□ **Формула Планка** для спектральной светимости хорошо описывает излучение черного тела на любых частотах. Ультрафиолетовая катастрофа отменяется!

$$M_{\nu} = \frac{2\pi^5 \hbar^{-3} c^2}{15} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\nu\hbar}} - 1}$$



Макс Карл  
Эрнст Людвиг  
Планк  
1858-1947  
Ноб. лаур.  
1918

## Фотоэффект (Герц, 1887)

Фотоэффектом (внешним) называется явление испускания электронов веществом (металлами) под действием света.

Внутренний фотоэффект – явление увеличения электропроводности полупроводников и диэлектриков под действием света.

## Опыты Столетова (1888–1890)

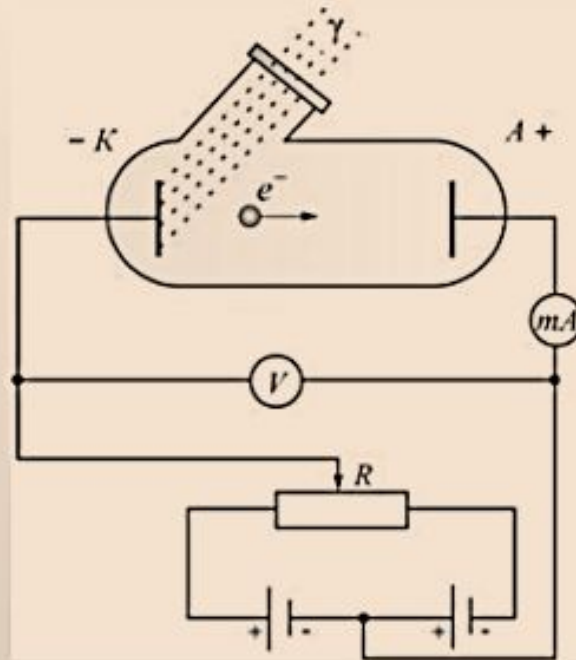
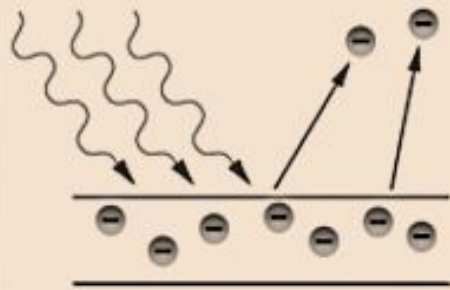
Вещество теряет только отрицательные заряды.

Более эффективное действие оказывает ультрафиолет.

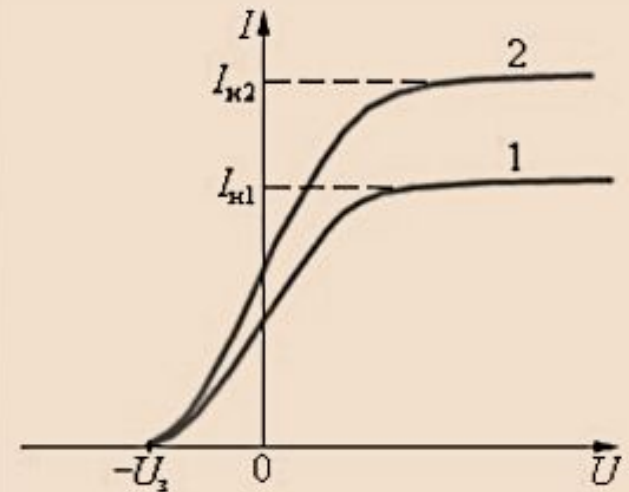


Алекса́ндр  
Григо́рьевич  
Столе́тов  
1839-1896

$$\frac{m_e v_{max}^2}{2} = eU_s$$



Вольт-амперная характеристика



# Эйнштейн разрешает красную границу фотоэффекта

## Уравнение Эйнштейна (1905)

- 1) Свет не только излучается, но и поглощается веществом в виде отдельных порций (квантов энергии).
- 2) Кванты передают всю свою энергию электронам, причем каждый квант поглощается только одним электроном.
- 3) Передача энергии при столкновении происходит почти мгновенно, поэтому фотоэффект безинерционен.
- 4) Энергия кванта затрачивается на работу выхода электрона из металла (преодоление притяжения ионов) и кинетическую энергию вылетающего электрона.



Альберт  
Эйнштейн  
1879-1955  
Ноб. лаур.  
1921

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}$$

$$U_{\gamma} = \frac{h\nu - A_{\text{вых}}}{e}$$

## Красная граница фотоэффекта

$$h\nu_{\text{min}} = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} \rightarrow \nu_{\text{min}} = A_{\text{вых}} / h$$
$$\lambda_{\text{max}} = hc / A_{\text{вых}}$$

## Эффект Комптона (1923)

подтвердил концепцию фотонов Эйнштейна



$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = 2\lambda_k \sin^2 \frac{\theta}{2}$$
$$\lambda_k \approx 2,43 \times 10^{-13} \text{ нм.}$$

# Корпускулярно-волновой дуализм

☞ Свет и другие частицы в виде волн де Бройля:

$$\lambda = \frac{h}{p}; p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda}$$

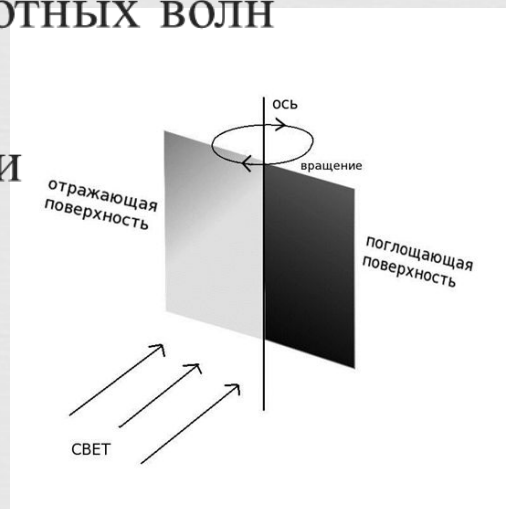
☞ Интерференция и дифракция даже одиночных фотонов – **волновые свойства** при масштабах, сравнимых с длиной световой волны.

☞ Фотоэффект, эффект Комптона – **корпускулярные свойства**, которые ярче проявляются для высокочастотных волн (ультрафиолетовое, рентгеновское)

☞ Опыты П.Н. Лебедева (1900-1910) доказали давление света на газы и твердые тела:

$$p = (1 + \rho) J/c$$

$$P = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Н/м}^2$$





# Элементы теории и методики элективного курса «Световые КВАНТЫ»

*Квантовая теория в школьной программе физики занимает не самое заметное место.*

---

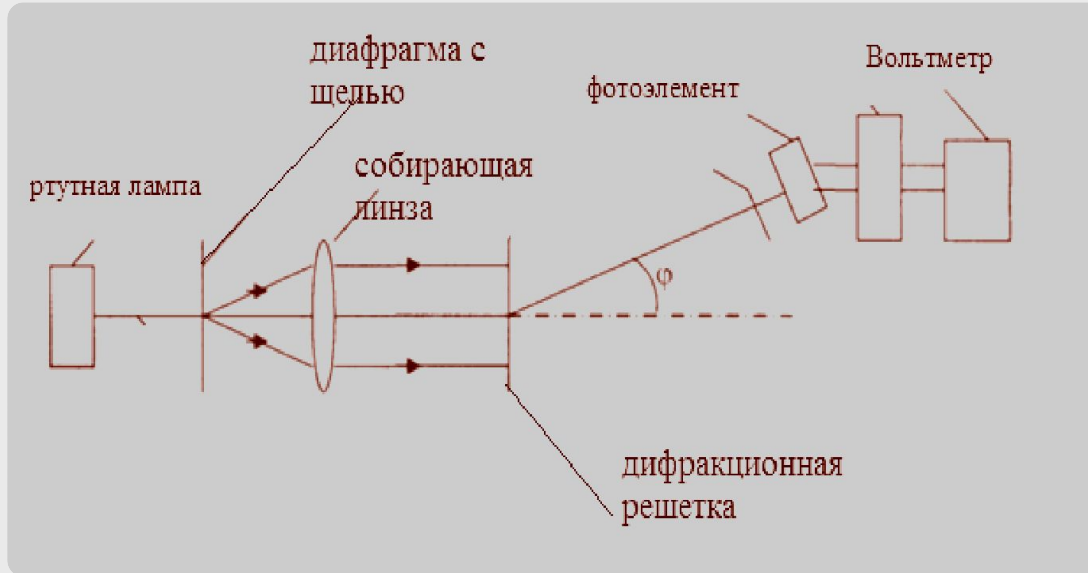
- ❖ Ученикам необходимо владеть сложным математическим аппаратом
- ❖ Квантовая физика это одна из завершающих тем школьного курса физики.
- ❖ Школьники имеют лишь самые первоначальные представления в базовом курсе физики и химии о строении атома и ядра, элементарных частицах
- ❖ В школьном курсе недостаточно практических аспектов квантовых явлений и деятельностной методики обучения

# Краткий план базовой теории элективного курса «Световые кванты»

---

- Представление о свете через призму противоречий классической физики в конце XIX века
- Волновая теория света как электромагнитной волны
- Основные положения и этапы квантовой теории света
- Корпускулярно-волновой дуализм света
- Фотоэффект и эффект Комптона
- Давление света

# Определение постоянной Планка при помощи внешнего фотоэффекта



$$\langle h \rangle = \frac{e \cdot U_{\max} - U_{\min}}{V_{\max} - V_{\max}}$$

По наименьшим значениям  $U$ , строится график зависимости  $U$  от частоты света  $\nu$ .

## Порядок работы:

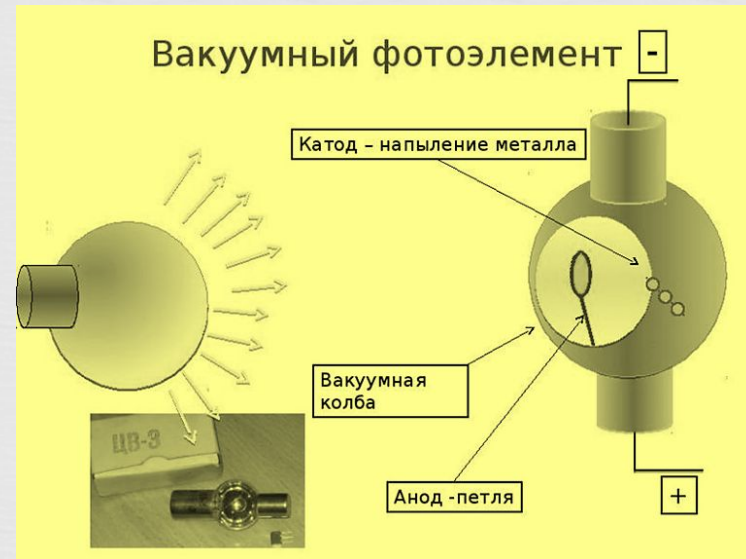
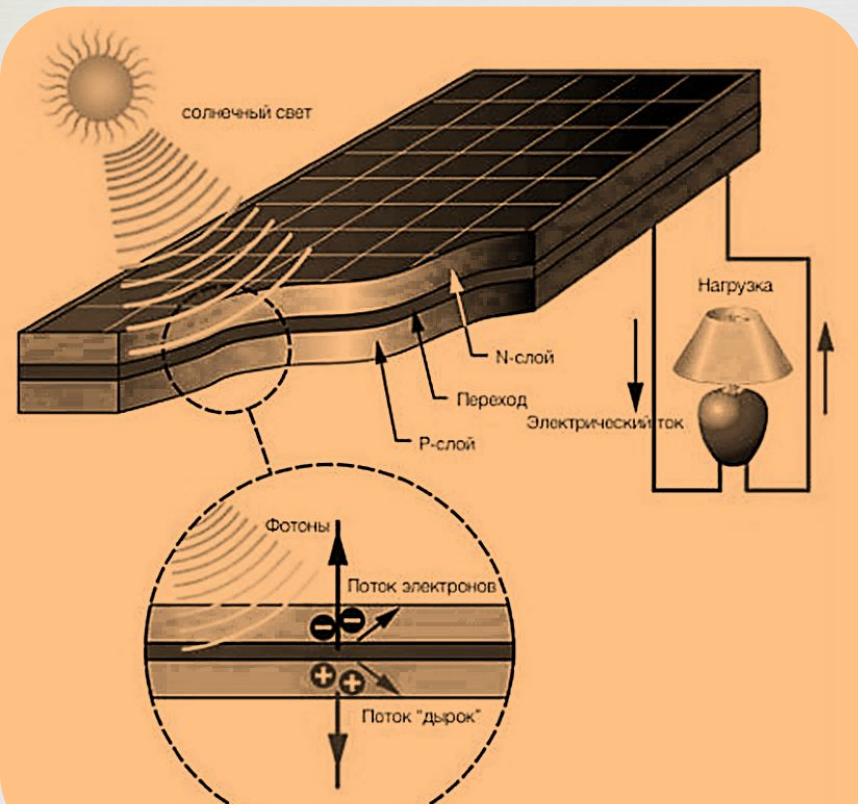
- Этап 1. Фотоэлемент закрыт шторкой, лампа включена, угол  $\varphi$  нулевой.
- Этап 2. Настройка прибора для эксперимента.
- Этап 3. Проведение эксперимента для измерения  $U$  для различных фильтров
- Этап 4. Фиксация результатов измерений в табличной форме.
- Этап 5. Обработка

# Практические занятия по квантовой теории света



- Учащиеся решают задачи из списка по законам фотоэффекта, уравнению Эйнштейна, эффекту Комптона, световому давлению. Затем один из них подготавливается к объяснению и воспроизводит **решение на доске**, а остальные записывают его решение в свою таблицу с задачами.
- Учитель проверяет решение и отвечает на вопросы учеников, приводит **примеры применения** изучаемых физических явлений, с использованием доступных средств их демонстрации.
- В учебном процессе широко применяется **деятельностный подход**, средства визуализации и компьютерного моделирования квантовых явлений, фотохимических процессов в материалах и в живых организмах

# Применение фотоэффекта на примерах



Фотоэлементы в уличном освещении, турникете в метро, в обрабатывающих станках, системах контроля и учета продукции, измерения интенсивности света, воспроизведение звука в кино, в светочувствительных матрицах

**Солнечные батареи** - внутренний вентильный фотоэффект возникновения ЭДС

