

Астраханский Государственный Университет

КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Выполнил:
Бисенов Алмаз
Группа РТ-11
ФТФ

КВАНТОВАЯ ОПТИКА – раздел оптики, изучающий квантовые свойства света. Можно сказать, что квантовая оптика – это квантовая физика света. Интерес к квантовой оптике появился еще в первой половине 20 в., но особенно интенсивное развитие эта область науки получила в конце 20 в., когда физики научились готовить особые состояния света – так называемый неклассический свет. Сейчас неклассический свет успешно применяется в метрологии, спектроскопии, используется для точных измерений, а также для секретной передачи информации. Кроме того, подходы и методы квантовой оптики позволяют существенно дополнить ту информацию, которую дают различные измерения, связанные с излучением и поглощением света.

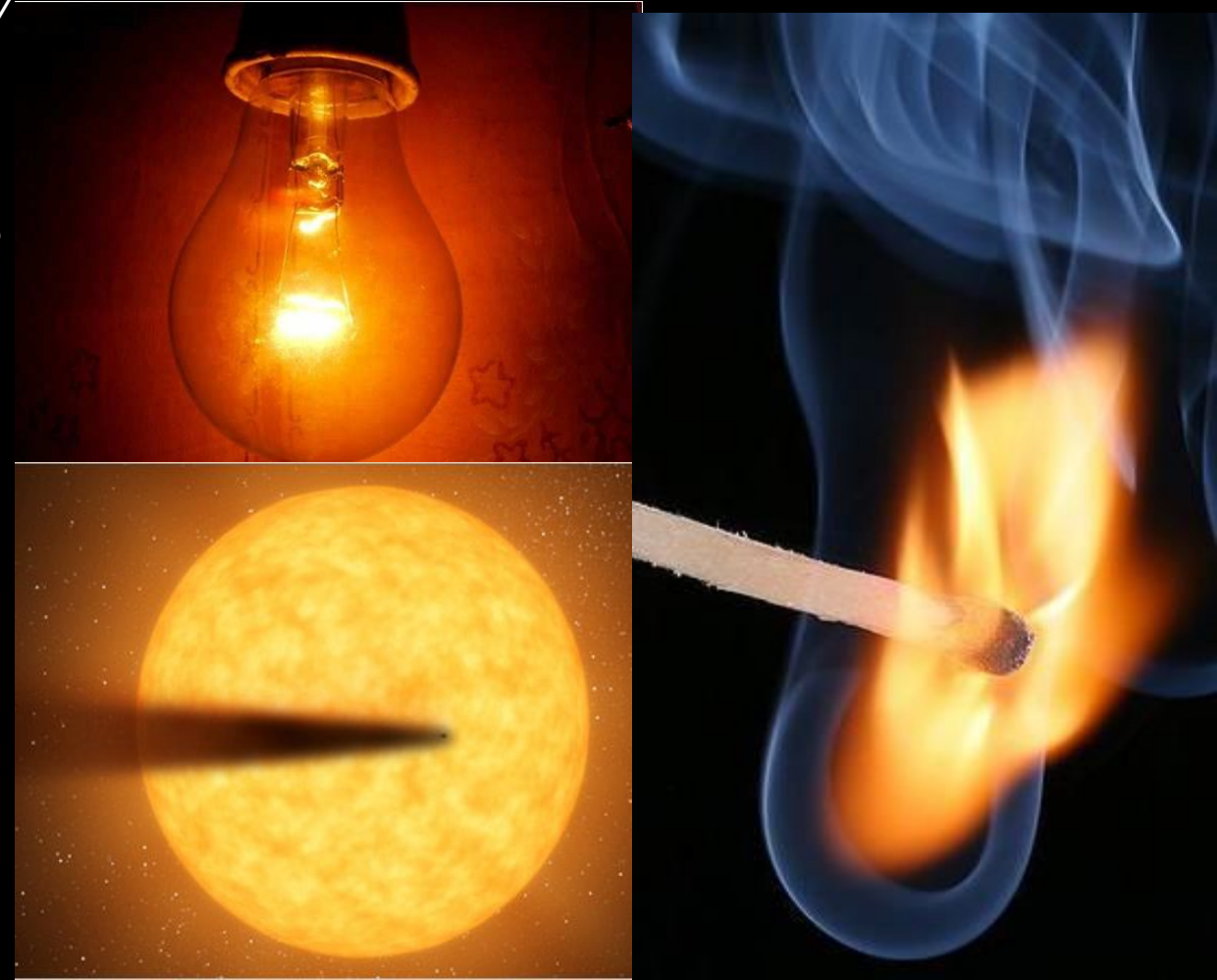


Тепловое излучение

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ИСПУСКАЕМОЕ ВЕЩЕСТВОМ И ВОЗНИКАЮЩЕЕ ЗА СЧЁТ ЭНЕРГИИ ТЕПЛООВОГО ДВИЖЕНИЯ АТОМОВ(МОЛЕКУЛ) ИЗЛУЧАЮЩЕГО ТЕЛА

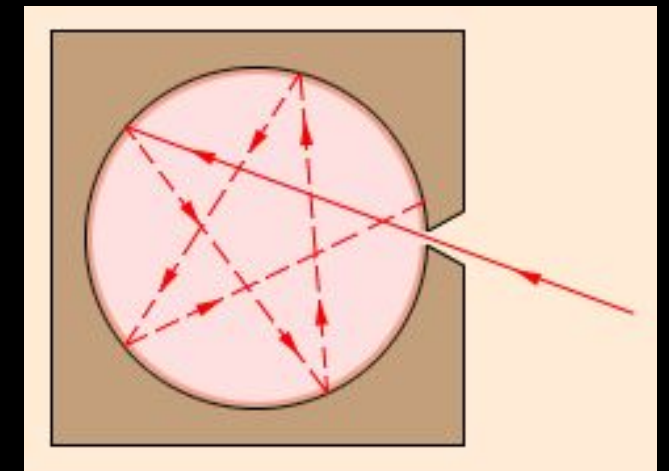
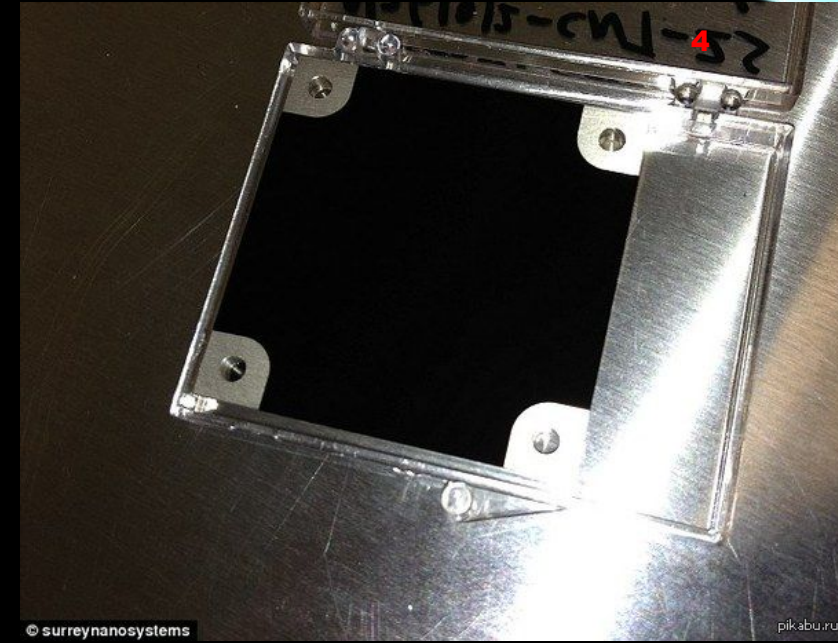
Свойства теплового излучения

1. Тепловое излучение происходит по всему спектру частот от нуля до бесконечности
2. Интенсивность теплового излучения неравномерна по частотам и имеет явно выраженный максимум при определенной частоте
3. С ростом температуры общая интенсивность теплового излучения возрастает
4. С ростом температуры максимум излучения смещается в сторону больших частот (меньших длин волн)
5. Тепловое излучение характерно для тел независимо от их агрегатного состояния
6. Отличительным свойством теплового излучения является равновесный характер излучения.
7. Наряду с тепловым излучением все тела обладают способностью поглощать тепловую энергию извне



Тепловые излучатели и их характеристика. Понятие абсолютно чёрного тела. Модель а.ч.т.

- Тепловые излучатели- это технические устройства для получения теплового лучистого потока. Каждый тепловой источник характеризуется излучательной способностью, поглощательной способностью, температурой излучательного тела, спектральным составом излучения.
- При прохождении света через вещество, лучистый поток частично отражается, частично поглощается, рассеивается и частично проходит через вещество.
- Если тело полностью поглощает падающий на него световой поток, то его называют абсолютно чёрное тело.
- В качестве стандарта введено понятие абсолютно чёрного тела (а.ч.т.)
- Хорошей моделью такого тела является небольшое отверстие в замкнутой полости. Свет, падающий через отверстие внутрь полости, после многочисленных отражений будет практически полностью поглощен стенками, и снаружи отверстие будет казаться совершенно черным.



Модель а.ч.т.



Закон Кирхгофа

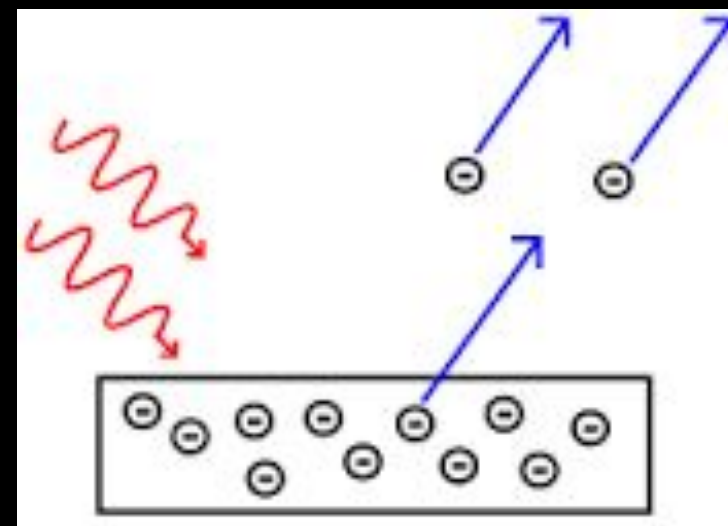
- отношение излучательной способности тела к его поглощательной способности не зависит от природы тела и равно излучательной способности абсолютно черного тела.

$$\left(\frac{r_{\nu, T}}{a_{\nu, T}} \right)_1 = \left(\frac{r_{\nu, T}}{a_{\nu, T}} \right)_2 = \left(\frac{r_{\nu, T}}{a_{\nu, T}} \right) = \mathbf{C}$$

фотоэффект

Фотоэффект - это вырывание электронов из вещества под действием света (доказали в 1899 Дж. Дж. Томпсон и Ф. Ленард) .

Фотоэлектрический эффект 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 (1897 г., Дж. Томсон), и стало ясно, что фотоэффект (или точнее – внешний фотоэффект) состоит в вырывании электронов из вещества под действием падающего на него света.



Опыт Столетова

Законы фотоэффекта (выводы из опыта, которые сформулировал Столетов).

- **Формулировка 1-го закона фотоэффекта:** количество электронов, вырываемых светом с поверхности металла за 1сек, прямо пропорционально интенсивности света.
- Согласно **2-ому закону фотоэффекта**, максимальная кинетическая энергия вырываемых светом электронов линейно возрастёт с частотой света и не зависит от его интенсивности.
- **3-ий закон фотоэффекта:** для каждого вещества существует красная граница фотоэффекта, т. е. минимальная частота света ν_0 (или максимальная длина волны λ_0), при которой ещё возможен фотоэффект, и если $\nu < \nu_0$, то фотоэффект уже не происходит.

В начале XX в. Макс Планк ввел понятие кванта: элементарной частицы энергии. Эйнштейн применил это открытие к волновому излучению, которое распространяется небольшими частицами энергии (1905г). Он назвал эти частицы квантами света, или фотонами. Именно это открытие, а не теория относительности принесла ему Нобелевскую премию (1921г.).

 СЛОВАРЬ 

ФОТОН

Фотоны — это мельчайшие порции (кванты) энергии электромагнитной волны.

Например, атомы поглощают или испускают фотоны при переходе электронов с одного энергетического уровня на другой. Энергия фотонов видимого света больше, чем фотонов радиоволн, но меньше, чем рентгеновских фотонов.



The diagram illustrates an atom with a central nucleus and a dashed circle representing the electron cloud. An electron is shown moving from an inner energy level to an outer one, with a wavy line representing a photon being emitted. Labels include: 'ЭЛЕКТРОН' (Electron) pointing to the electron, 'ФОТОН' (Photon) pointing to the wavy line, 'АТОМ' (Atom) pointing to the dashed circle, and 'ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ' (Energy Level) pointing to the concentric circles representing energy levels.

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

$$h \cdot \nu = A_{\text{вых}} + \frac{m \cdot \nu^2}{2}$$

$A_{\text{вых}}$ - работа выхода электрона из вещества (таблица).

максимальная кинетическая энергия, которую может иметь электрон при вылете из металла.

Она может быть определена:

$$\frac{m \cdot \nu^2}{2} = e \cdot U_3$$

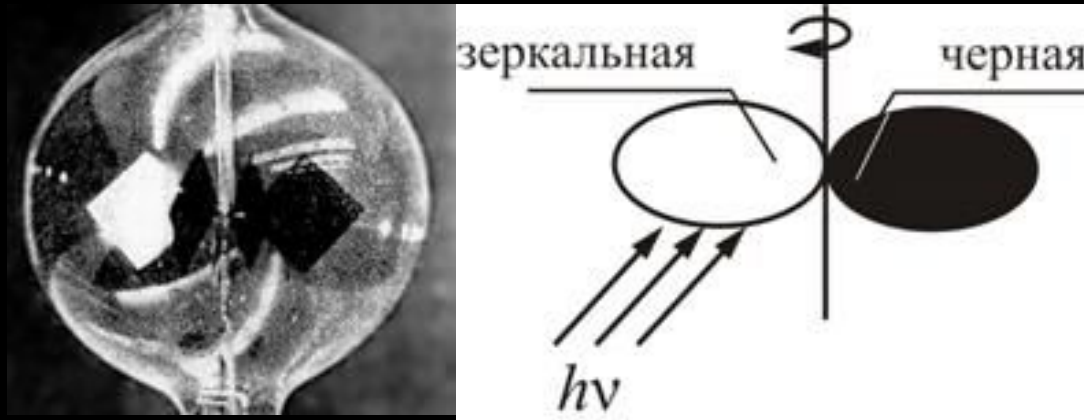
U_3 -задерживающее напряжение.

- Давление света открыто русским ученым П.Н. Лебедевым в 1901 году. В своих опытах он установил, что давление света зависит от интенсивности света и от отражающей способности тела. В опытах была использована вертушка, имеющая черные и зеркальные лепестки, помещенная в вакуумированную колбу
- световое излучение оказывает давление на материальные предметы, причем величина давления пропорциональна интенсивности излучения

давление света можно рассчитать:

$$P = J \frac{1+K}{c}$$

J – интенсивность излучения K – коэффициент отражения c – скорость света ($3 \cdot 10^8$ м/с)



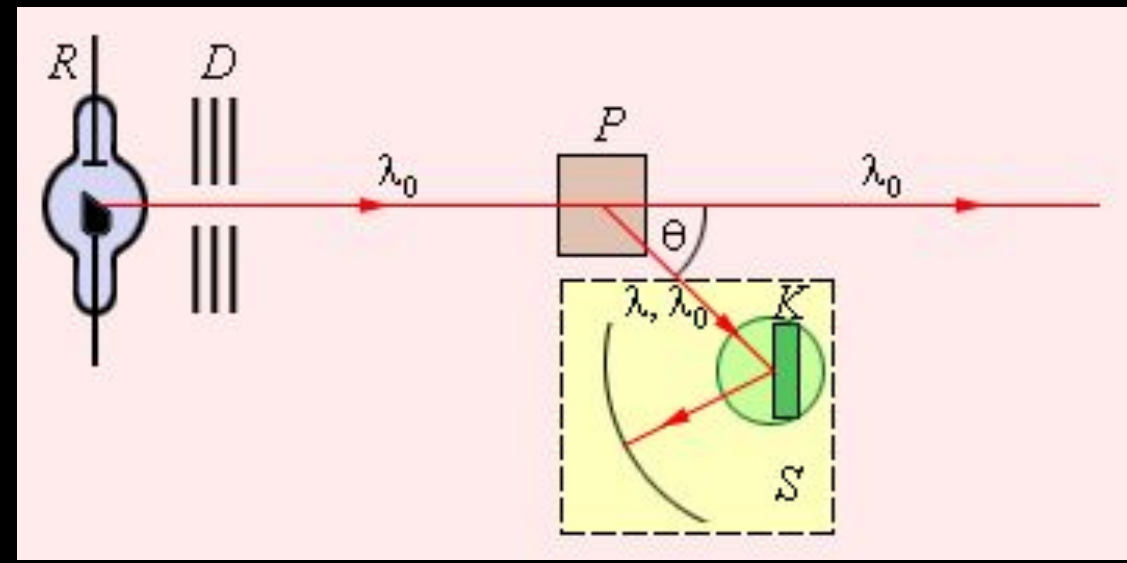


$$E = mc^2 + \frac{1}{2}mv^2 + \dots$$
$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \cos^2 \phi}}$$
$$p = mv$$

Эффект Комптона

Концепция фотонов, предложенная А. Эйнштейном в 1905 г. для объяснения фотоэффекта, в 1922 г. получила экспериментальное подтверждение в опытах американского физика А. Комптона. Комpton исследовал упругое рассеяние коротковолнового рентгеновского излучения на свободных (или слабо связанных с атомами) электронах вещества. Открытый им эффект увеличения длины волны рассеянного излучения, названный впоследствии эффектом Комптона, не укладывается в рамки волновой теории, согласно которой длина волны излучения не должна изменяться при рассеянии. Согласно волновой теории, электрон под действием периодического поля световой волны совершает вынужденные колебания на частоте волны и поэтому излучает рассеянные волны той же частоты.

Схема Комптона представлена на рис. Монохроматическое рентгеновское излучение с длиной волны λ_0 , исходящее из рентгеновской трубки R, проходит через свинцовые диафрагмы D и в виде узкого пучка направляется на рассеивающее вещество-мишень P (графит, алюминий)



- Излучение, рассеянное под некоторым углом θ , анализируется с помощью спектрографа рентгеновских лучей S , в котором роль дифракционной решетки играет кристалл K , закрепленный на поворотном столике. Опыт показал, что в рассеянном излучении наблюдается увеличение длины волны $\Delta\lambda$, зависящее от угла рассеяния θ :

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = 2\Lambda \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

- где $\Lambda = 2,43 \cdot 10^{-3}$ нм – так называемая комптоновская длина волны, не зависящая от свойств рассеивающего вещества. В рассеянном излучении наряду со спектральной линией с длиной волны λ наблюдается несмещенная линия с длиной волны λ_0 . Соотношение интенсивностей смещенной и несмещенной линий зависит от рода рассеивающего вещества.

Спасибо за
внимание