

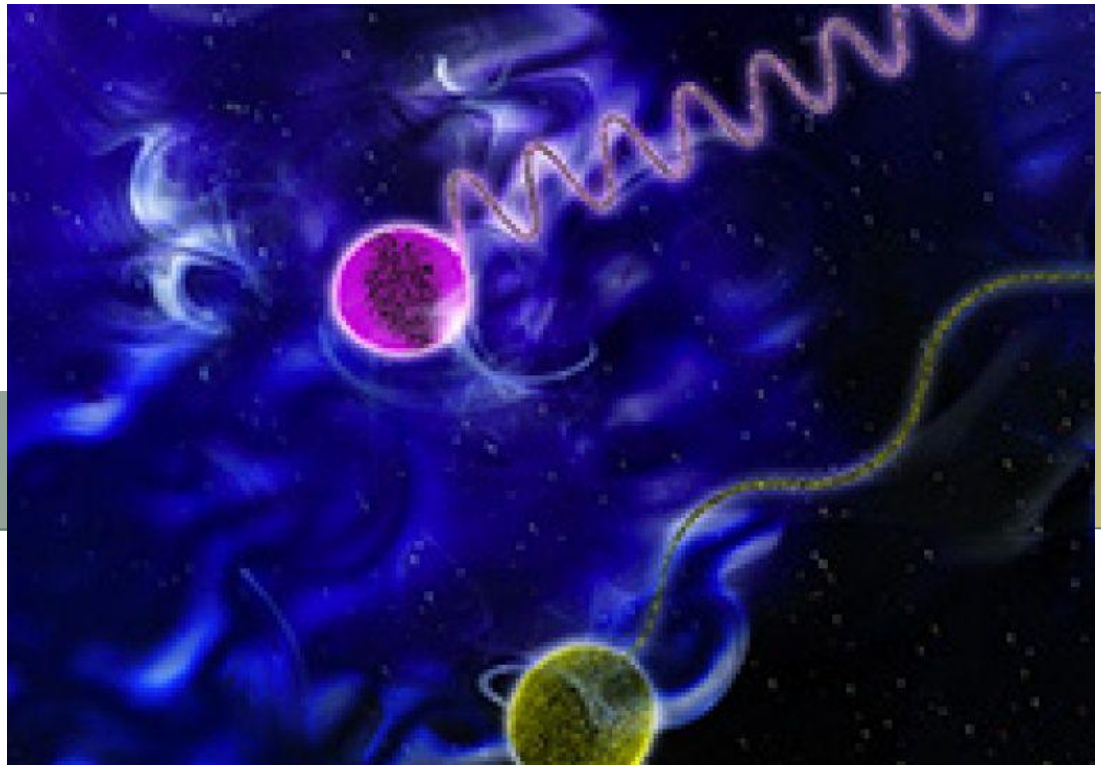
ВЗАЄМОДІЯ ФОТОНІВ З РЕЧОВИНОЮ

Виконав:

Студент групи

ПМ-19-1

Сміх В.



План презентації

1. Квантова фізика. Квантова оптика
2. Фотони. Енергія, маса та імпульс фотонів.
3. Тиск світла.
4. Взаємодія фотонів із звязаними електронами речовини – фотоефект.
5. Розсіяння фотонів на вільних електронах речовини – ефект Комптона
6. Теплове випромінювання.
7. Висновки.

Квантова фізика

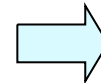
*Вивчає
закономірності
мікросвіту*

Мікрочастки

(атоми, електрони, протони , фотони
.....всі елементарні частки

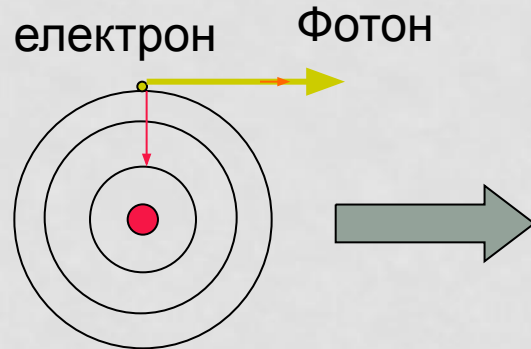
КВАНТОВАЯ ОПТИКА

- Теплове випромінювання
- Зовнішній фотоефект
- Ефект Комптона
- Тиск світла



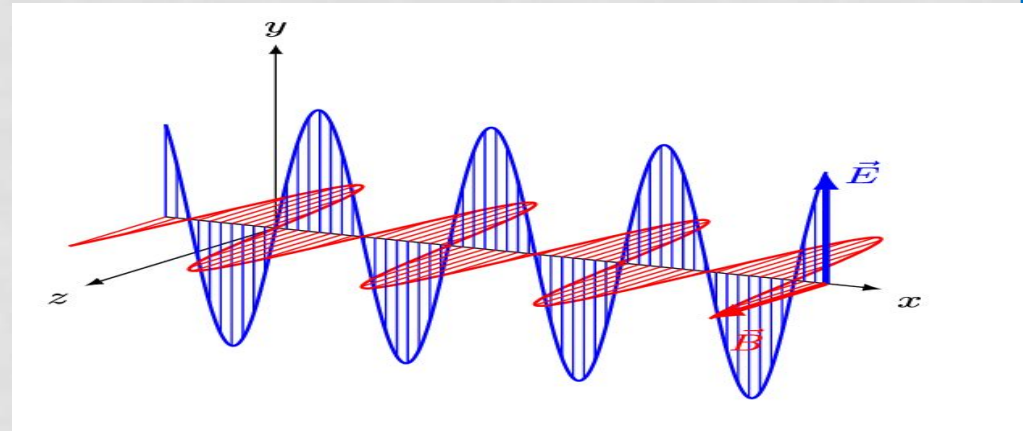
Світло – потік
фотонів

Фотони



Атом

Випромінювання



(електромагнітна хвиля)

Випромінювання – відбувається при переході атома із збудженого стану в основний стан

Випромінюється порція енергії (квант)

$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ - постійна Планка; ν - частота

ФОТОНИ

Усі фотони у вакуумі завжди рухаються із постійною швидкістю світла у вакуумі $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Швидкість електромагнітної хвилі v у середовищі з показником заломлення n рівна

Хвильові та корпускулярні характеристики монохроматичного електромагнітного випромінювання пов'язані формулами

Відповідно до теорії відносності маса кожної частки m залежить від її швидкості v . Її ще називають **релятивіською масою**.

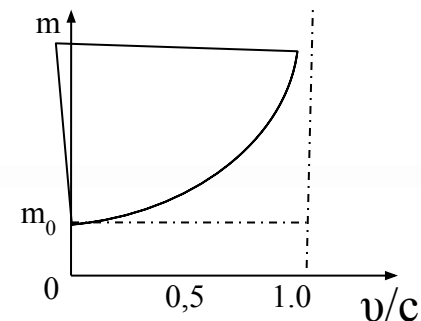
Якщо швидкість частинки рівна нулю, то її масу називають масою спокою і позначають m_0 .

Наприклад, маса спокою електрона,

маса спокою протона

ФОТОНИ

Релятивіська маса частки
пов'язана із її масою спокою
формулою:



*Особливість фотонів у тому, що їх **маса спокою і енергія спокою рівні нулю***

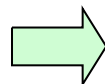
Не рухомих фотонів не буває!!

Релятивіська маса фотона визначається його масою

ФОТОНИ

Зв'язок імпульсу фотона із частотою і довжиною хвилі

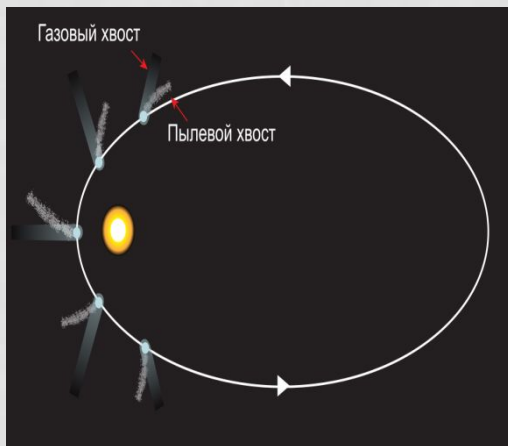
Імпульс фотона пов'язаний із кінетичною енергією електромагнітного випромінювання E_k співвідношенням



Для класичної (не релятивістської) частки

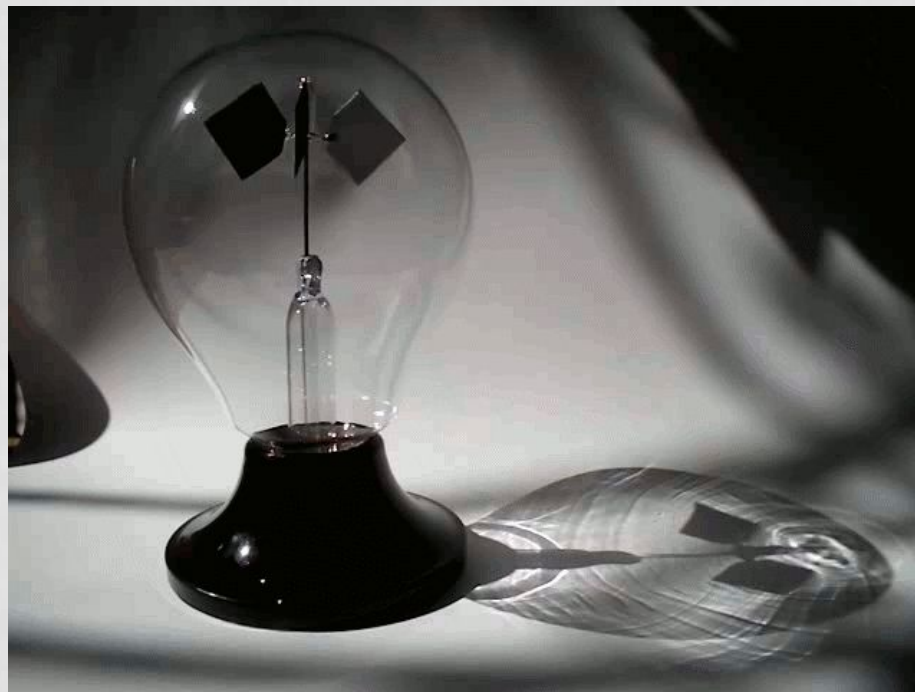
Повна енергія фотона

Тиск світла



В XVII столітті **Кеплер** виявив вплив сонячного вітру на хвости комет.

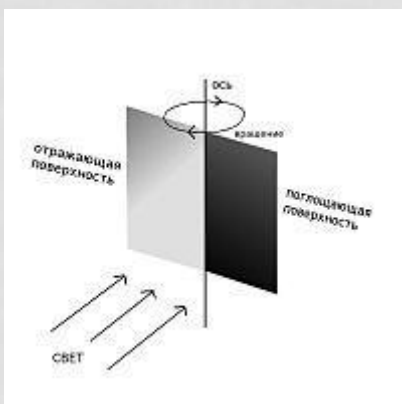
Згідно теорії **Максвела** для електромагнітної теорії світла, світловий потік, Падаючи на поверхню довільного тіла, повинен чинити на нього тиск.



Російський фізик **П.Н.Лебедев** шляхом проведення надзвичайно точних дослідів зумів виявити і виміряти тиск світла спочатку на тверді тіла (1899 р), а потім на газу і рідини (1909 р.).

Величина тиску світла p залежить від інтенсивності пучка світла I , коефіцієнту відбивання R від поверхні і кута падіння

$$R = 1 \text{ - зеркало}$$



Крутильні терези

ВЗАЄМОДІЯ ФОТОНІВ З РЕЧОВИНОЮ

Фотоефект

9

Фотоефектом (зовнішнім) називається явище випускання електронів речовиною (металами) під дією світла.

Внутрішній фотоефект – явище збільшення електропровідності напівпровідників і діелектриків під дією світла.

Досліди Столетова (1888–1890)

Речовина втрачає тільки відємні заряди.

Більш ефективну дію чинить ультрафіолетове випромінювання



Олександр Столетов
1839-1896

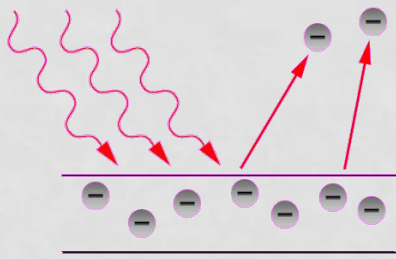
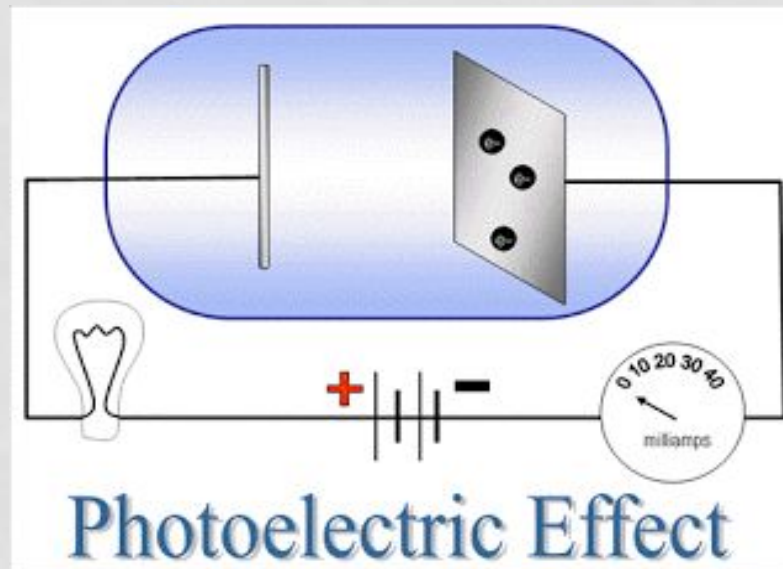
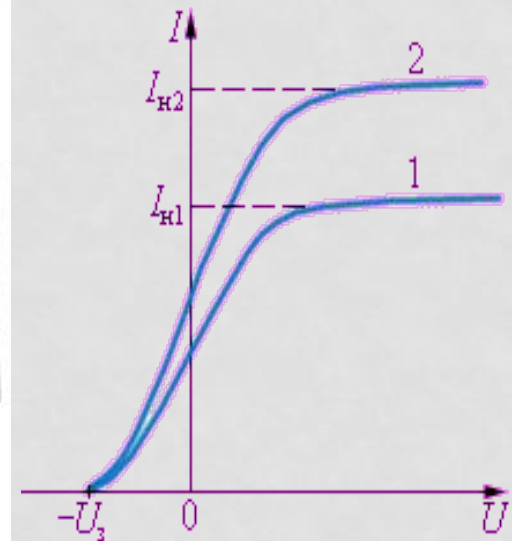


Схема фотоефекту



Анімація досліду



Вольт-амперна

Фотоефект

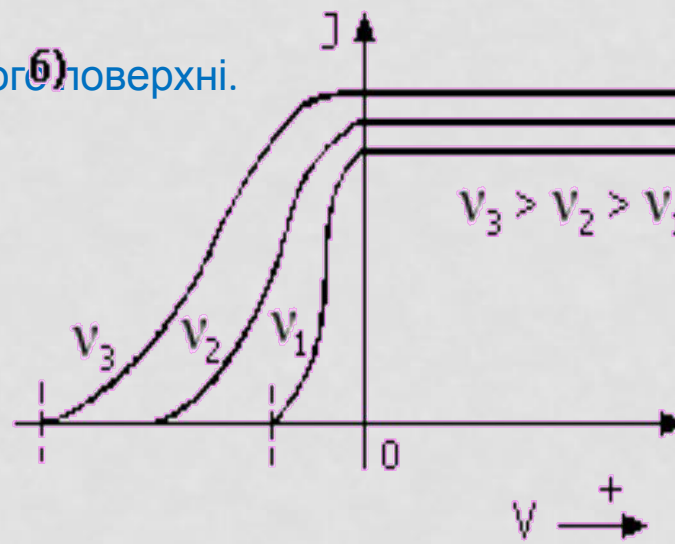
Закони фотоефекту

1) При фіксованій частоті падаючого світла ($\nu = \text{const}$) число фотоелектронів, вирваних із катода за одиницю часу, прямо пропорційне інтенсивності світла (світловому потоку) – закон Столетова.

2) Максимальна кінетична енергія вирваних світлом електронів (їх максимальна початкова швидкість) не залежить від інтенсивності падаючого світла (світлового потоку), а визначається тільки його частотою.

3) Для кожної речовини існує характерна для нього така мінімальна частота світла – максимальна довжина хвилі (червона межа фотоефекту), нижче якої фотоефект не настає.

Залежить від природи металу і стану його поверхні.

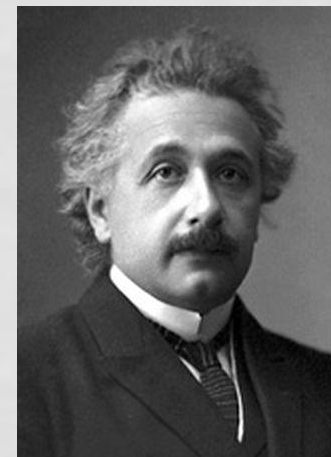


Червона
межа
фотоефекту

Фотоефект

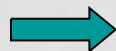
Рівняння Ейнштейна (1905)

- 1) Світло не тільки випромінюється, але і поглинається речовиною у вигляді окремих порцій (квантів енергії).
- 2) Кванти передають всю свою енергію електронам, причому кожний квант поглинається тільки одним електроном.
- 3) Передача енергії при зіткненні відбувається майже миттєво, тому фотоефект безінерційний.
- 4) Енергія кванта витрачається на роботу виходу електрона із металу (подолання притягання іонів) і кінетичну енергію вибитого електрона.

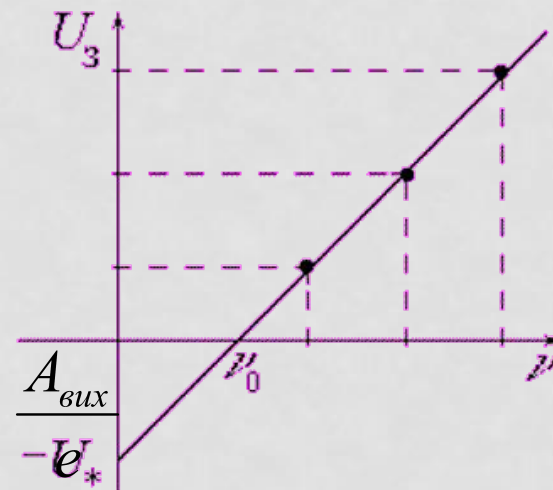


Альберт
Ейнштейн
1879-1955

Червона межа фотоефекту



$$\nu_{min} = A_{вых} / h$$



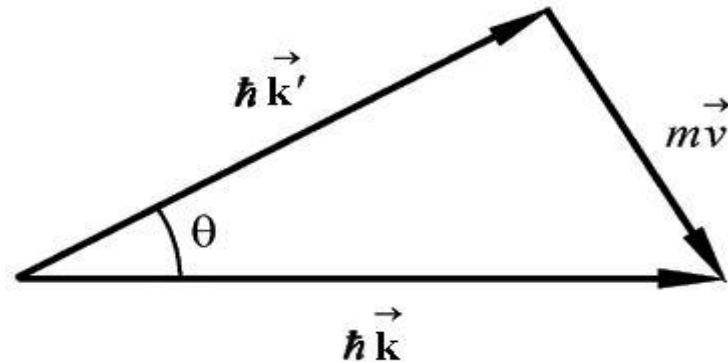
Эффект Комптона

Ефект Комптона

Ефект Комптона пояснюється розсіянням квантів світла на вільних електронах речовини



Закон збереження енергії



Закон збереження імпульсу

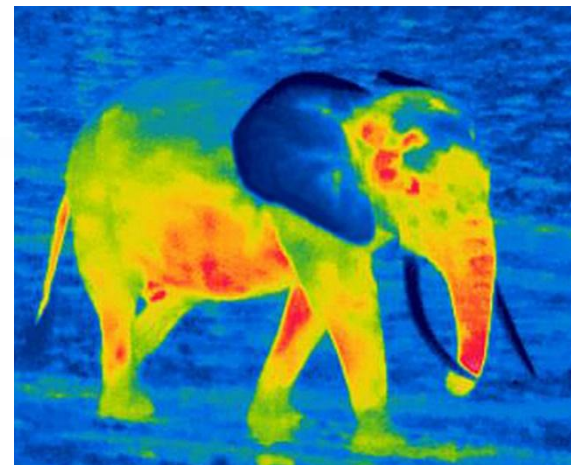
Закон зміни довжини хвилі при ефекті Комптона

Комтонівська довжина
хвилі електрона

Теплове випромінювання



Всі нагріті тіла
випромінюють



*Світіння тіл зумовлене нагріванням
називається тепловим
(температурним) випромінюванням*

*Відмінною ознакою теплового випромінювання є його
рівноважний характер*

*Скільки енергії тіло випромінює,
стільки ж воно і поглинає*



Теплове випромінювання

Основні характеристики теплового випромінювання

$$R = \frac{N}{S} = \frac{E}{S \cdot t}$$

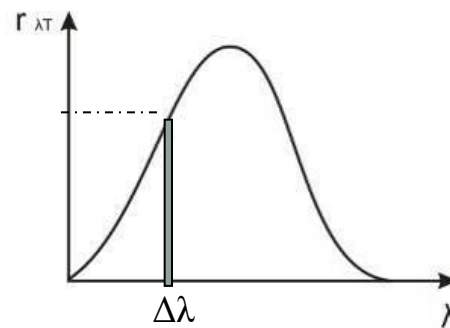
R – енергетична світність – кількість енергії E , яка випромінюється з одиниці поверхні тіла у всьому діапазоні довжин хвиль за одиницю часу у всіх напрямках (інтегральна випромінювальна здатність).

r_λ (r_ω) - випромінювальна здатність тіла (спектральна густина випромінювальної здатності)

r – енергетична світність у вузькому діапазоні довжин хвиль (частот)

$$R = \int_0^\infty r_\lambda d\lambda$$

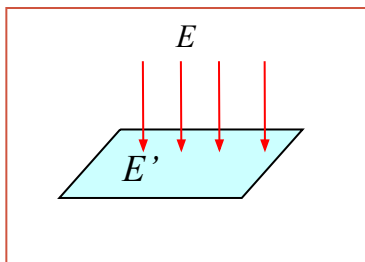
$$R = \int_0^\infty r_\omega d\omega$$



Теплове випромінювання

Основні характеристики теплового випромінювання

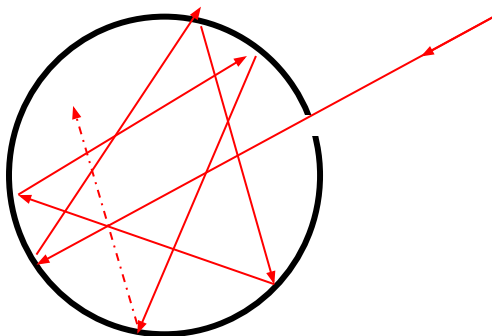
α – поглинальна здатність тіла (безрозмірна величина) – відношення поглинутої тілом енергії до енергії що падає на тіло



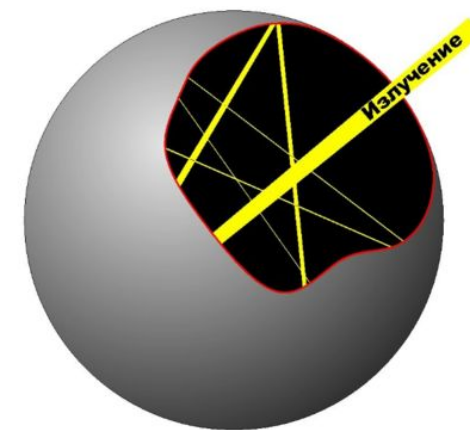
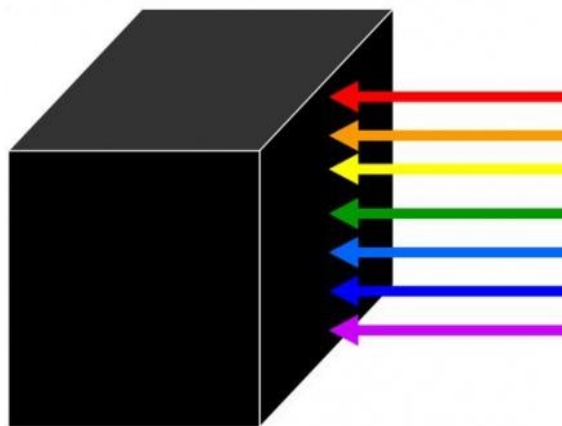
Абсолютно чорне тіло

Тіло називається абсолютно чорним, якщо воно повністю поглинає все падаюче на нього випромінювання усіх частот

$$\alpha = 1$$

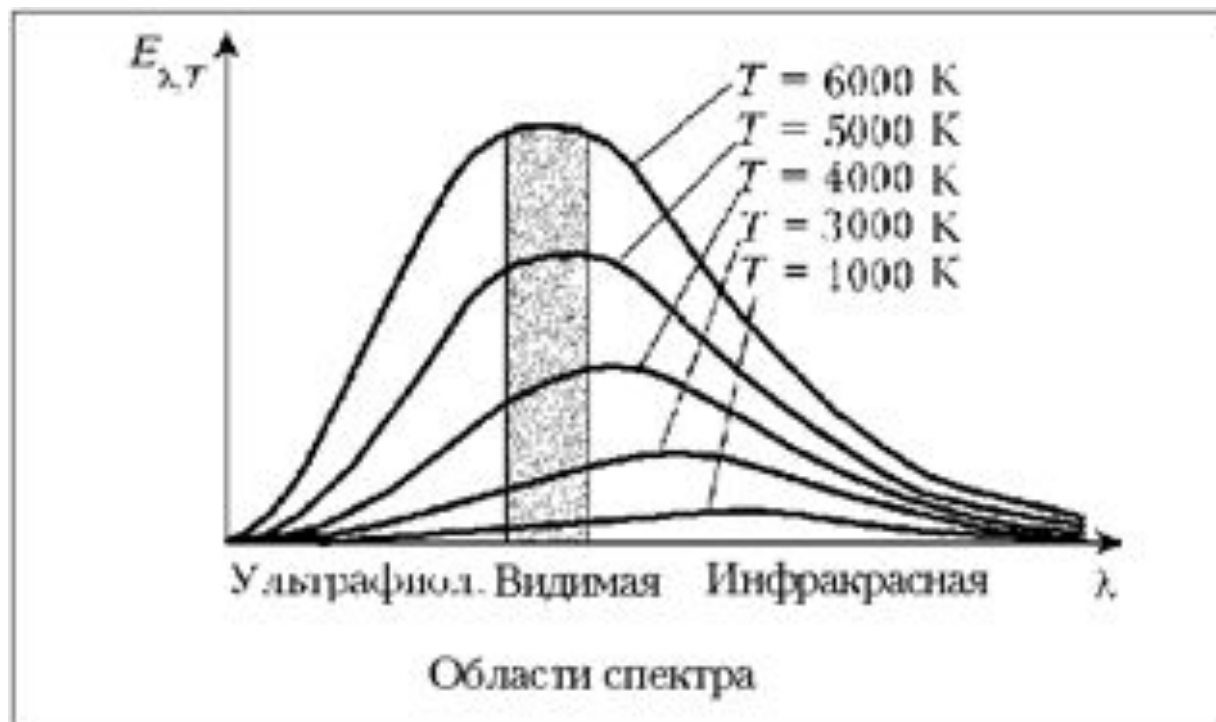


Модель абсолютно чорного тіла



Теплове випромінювання

Спектр випромінювання абсолютно чорного тіла визначається тільки температурою



Максимальна енергія випромінювання Сонця припадає приблизно на $\lambda = 470\text{ нм}$ (зелена область спектру), що відповідає температурі зовнішніх шарів зірки Сонця близько 6200 K .

Закон Стефана - Больцмана

Енергетична світність абсолютно чорного тіла пропорційна четвертій степені його абсолютної температури

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – постійна Стефана - Больцмана

Енергетична світність сірого тіла прямопропорційна четвертій степені його абсолютної температури і коефіцієнту поглинання

Закон Кірхгофа

Відношення випромінювальної і поглинальної здатностей тіла не залежить від природи тіла і являється універсальною функцією частоти і температури

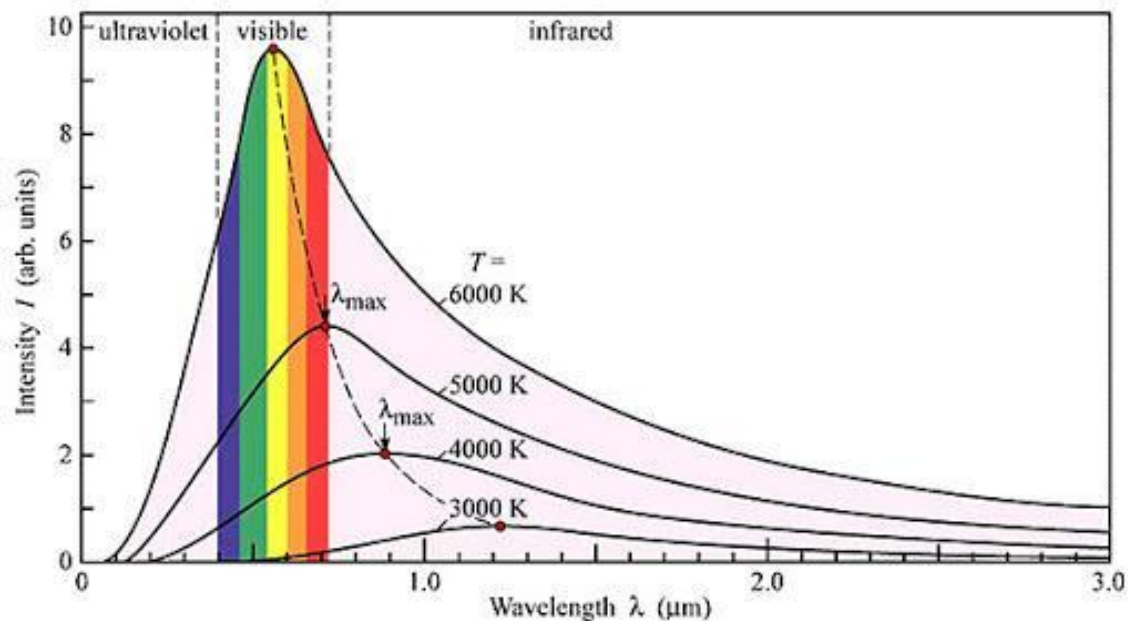
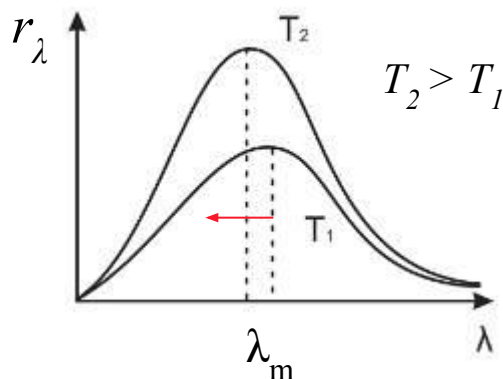
Теплове випромінювання

Закон зміщення Віна

Довжина хвилі, на яку припадає максимум спектральної випромінювальної здатності обернено пропорційна абсолютній температурі випромінюючого тіла

$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ – постійна Віна.

Закон Віна називають *законом зміщення*, оскільки із цього закону слідує, що максимум випромінювальної здатності тіла r_λ із збільшенням абсолютної температури зміщується у сторону коротких хвиль



Теплове випромінювання

Формула Планка

Класична фізика не змогла пояснити теплове випромінювання. Із класичних формул слідує, що розпечена пічка із плином часу повинна віддавати все більше тепла у навколишній простір і яскравість її свічення повинна все більше зростати. Що не може бути на практиці.

Співпадіння розрахунків із експериментальними результатами мало місце тільки в дуже вузькому діапазоні низьких частот. Цей парадокс отримав назву у фізиці *“Ультрафіолетової катастрофи”*



Макс Планк ввів поняття *дискретності* випромінювання фотонів (квант енергії випромінювання).

Формула
Планка

Теплове випромінювання

Основні властивості теплового випромінювання



- Виникає за рахунок внутрішньої енергії тіла
- Має суцільний спектр енергії
- Інтенсивність теплового випромінювання залежить від частоти і має максимум на певній частоті
- Із збільшенням температури тіла інтенсивність теплового випромінювання зростає
- Із ростом температури максимум випромінювання зміщується в область коротких хвиль
- Теплове випромінювання є рівноважним

Оптичний тепловізор – приклад практичної реєстрації теплового випромінювання

Висновки

Фотон («світло») — квант електромагнітного випромінювання (квант світла), елементарна частка, яка є носієм електромагнітної взаємодії.

Фотон не має маси спокою і здатен існувати у вакуумі тільки рухаючись зі швидкістю світла. Фотон немає електричного заряду.

Фотон може взаємодіяти із речовиною (розсіюватися, поглинатися).

Ефект Комптона – це пружне розсіяння фотонів на вільних електронах речовини.

Фотоефект – це поглинання фотонів звязаними електронами речовини.

Дякую за увагу !