

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

Глава 7. МИКРОМИР: КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОЙ
ФИЗИКИ

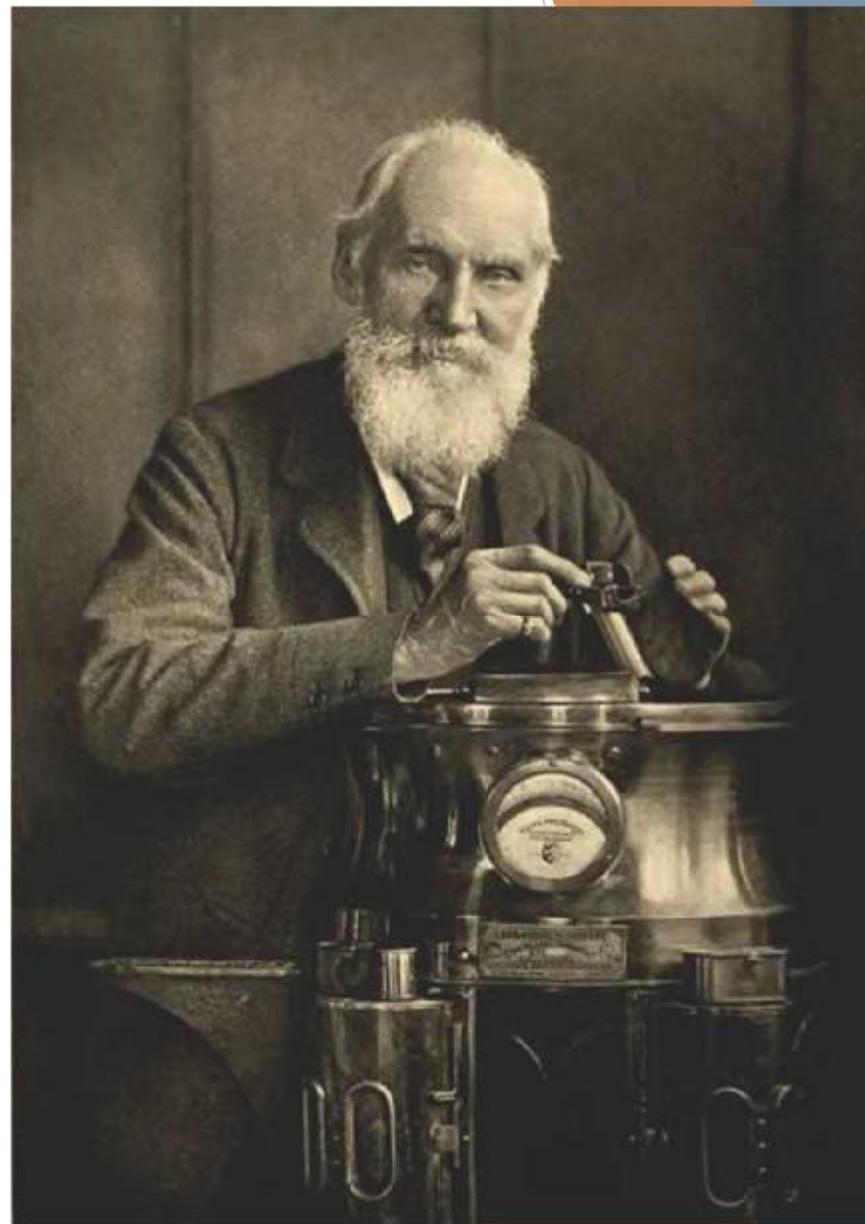
7.1. Открытие кванта энергии

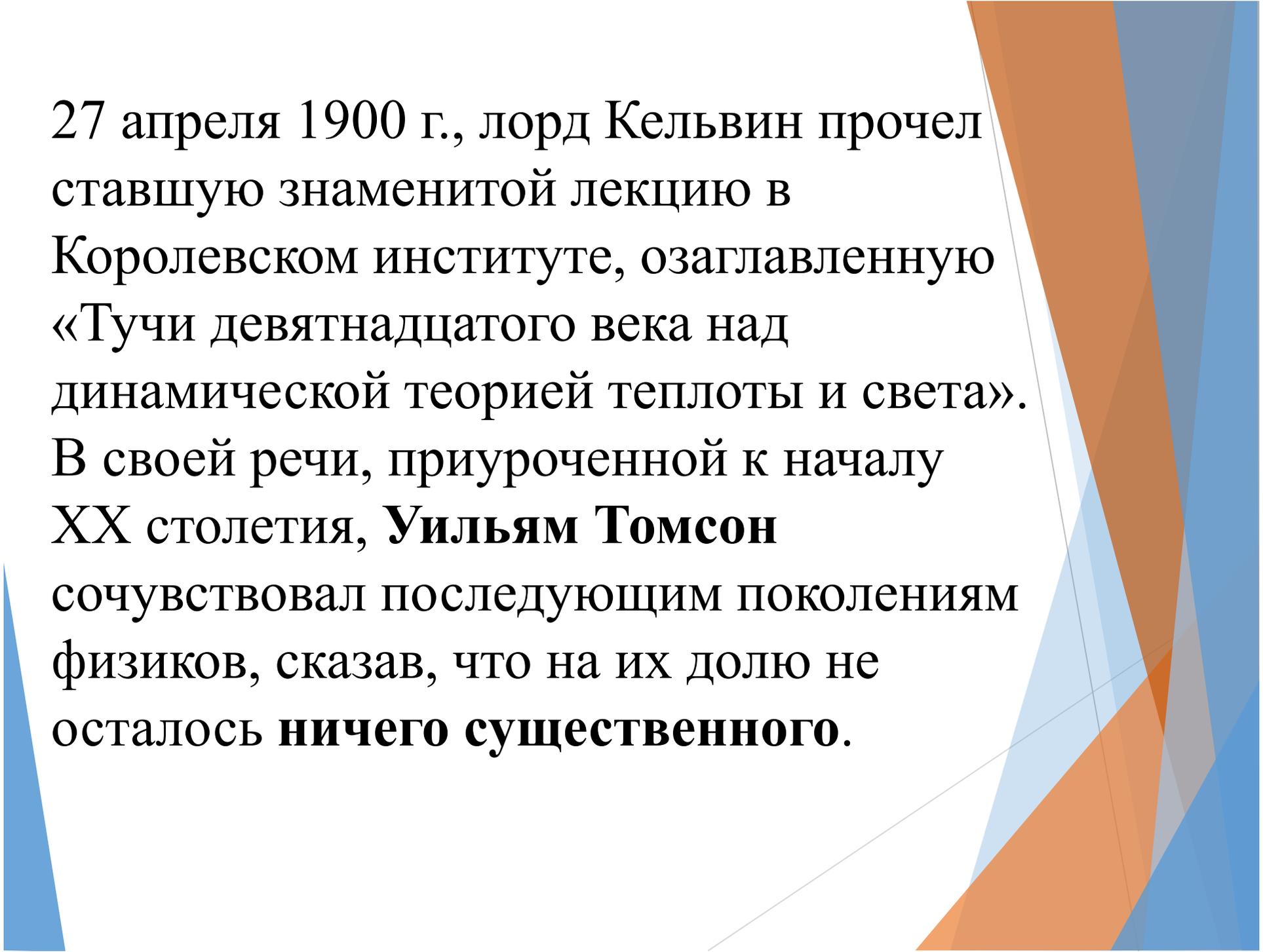
Предпосылки зарождения квантовой физики

**Уильям Томсон,
лорд Кельвин**

(26.06.1824 -
17.12.1907)

Основные работы в
области
термодинамики





27 апреля 1900 г., лорд Кельвин прочел ставшую знаменитой лекцию в Королевском институте, озаглавленную «Тучи девятнадцатого века над динамической теорией теплоты и света». В своей речи, приуроченной к началу XX столетия, **Уильям Томсон** сочувствовал последующим поколениям физиков, сказав, что на их долю не осталось **ничего существенного**.

Но далее он сказал: «Красота и ясность динамической теории, согласно которой теплота и свет являются формами движения, в настоящее время омрачены двумя тучами.

Первая из них... это вопрос: как может Земля двигаться сквозь упругую среду, какой по существу является светоносный эфир?

Вторая – это доктрина Максвелла–Больцмана о распределении энергии».

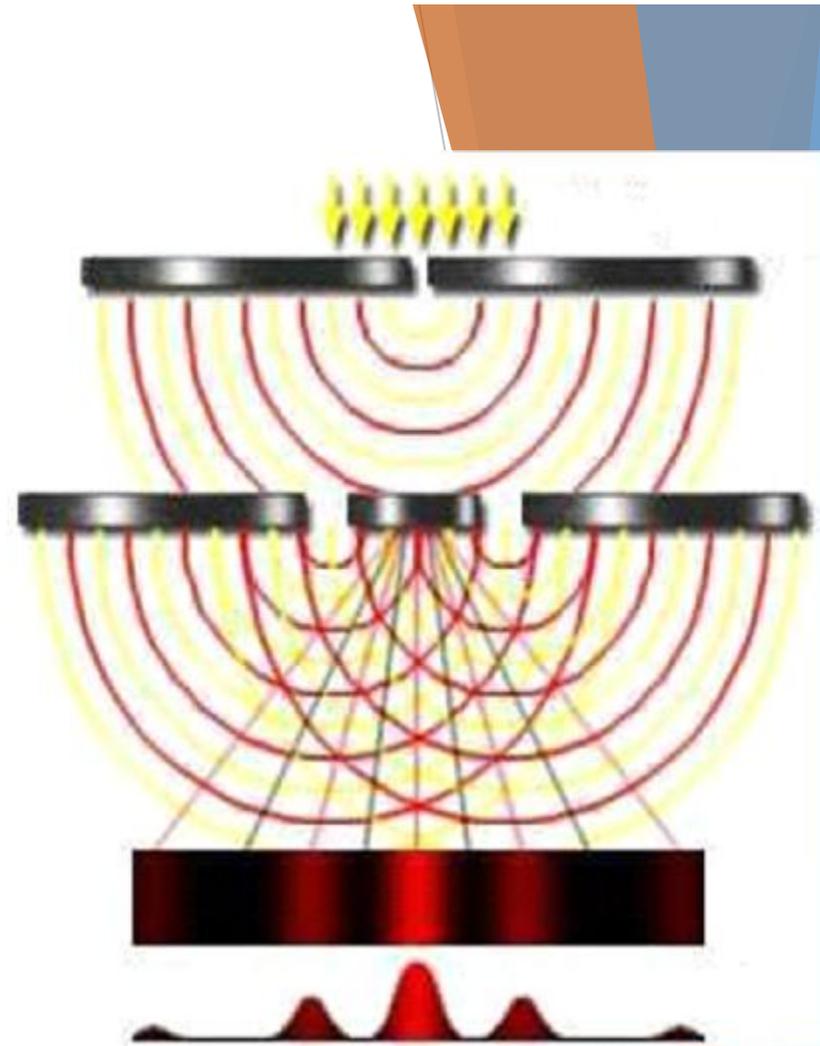
Позднее стало ясно, что **Уильям Томсон** точно нащупал две болевые точки современной ему науки.

Через несколько месяцев, в последние дни XIX в., **Макс Планк** опубликовал свое решение проблемы излучения абсолютно черного тела, **введя понятие о квантовом характере излучения и поглощения света.**

Через пять лет, в 1905 г., **Альберт Эйнштейн** опубликовал работу «К электродинамике движущихся тел», в которой сформулировал частную теорию относительности и дал **отрицательный ответ на вопрос о существовании эфира.**

Таким образом, за двумя «тучами» скрывались **теория относительности** и **квантовая механика**

К 1900 году
сформировалась
классическая физика.
Согласно опытам
Томаса Юнга (1803)
- свет представляет
собой **волны**.



В 1897г. **Джозеф Джон Томсон** (18.12.1856 – 30.08.1940) доказал существование электрона – «**НЬЮТОНОВСКОЙ**» частицы, и измерил ее заряд и массу.

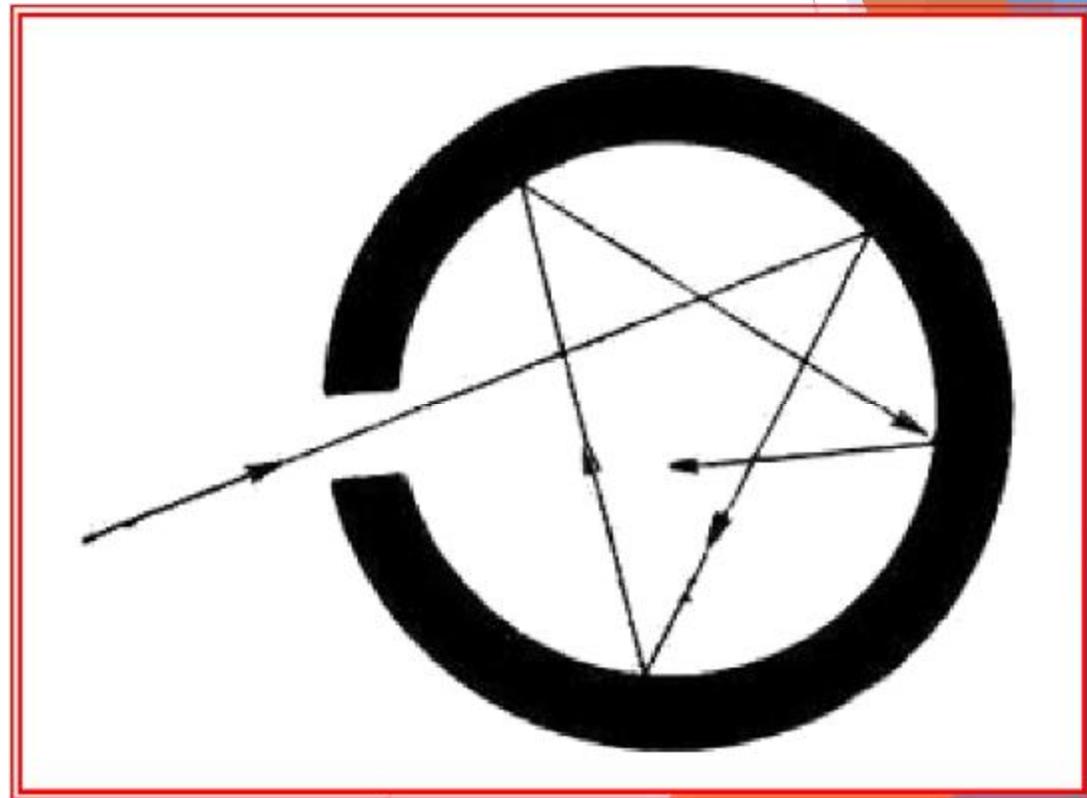


«Темные пятна» на полотне классической физики ☺:

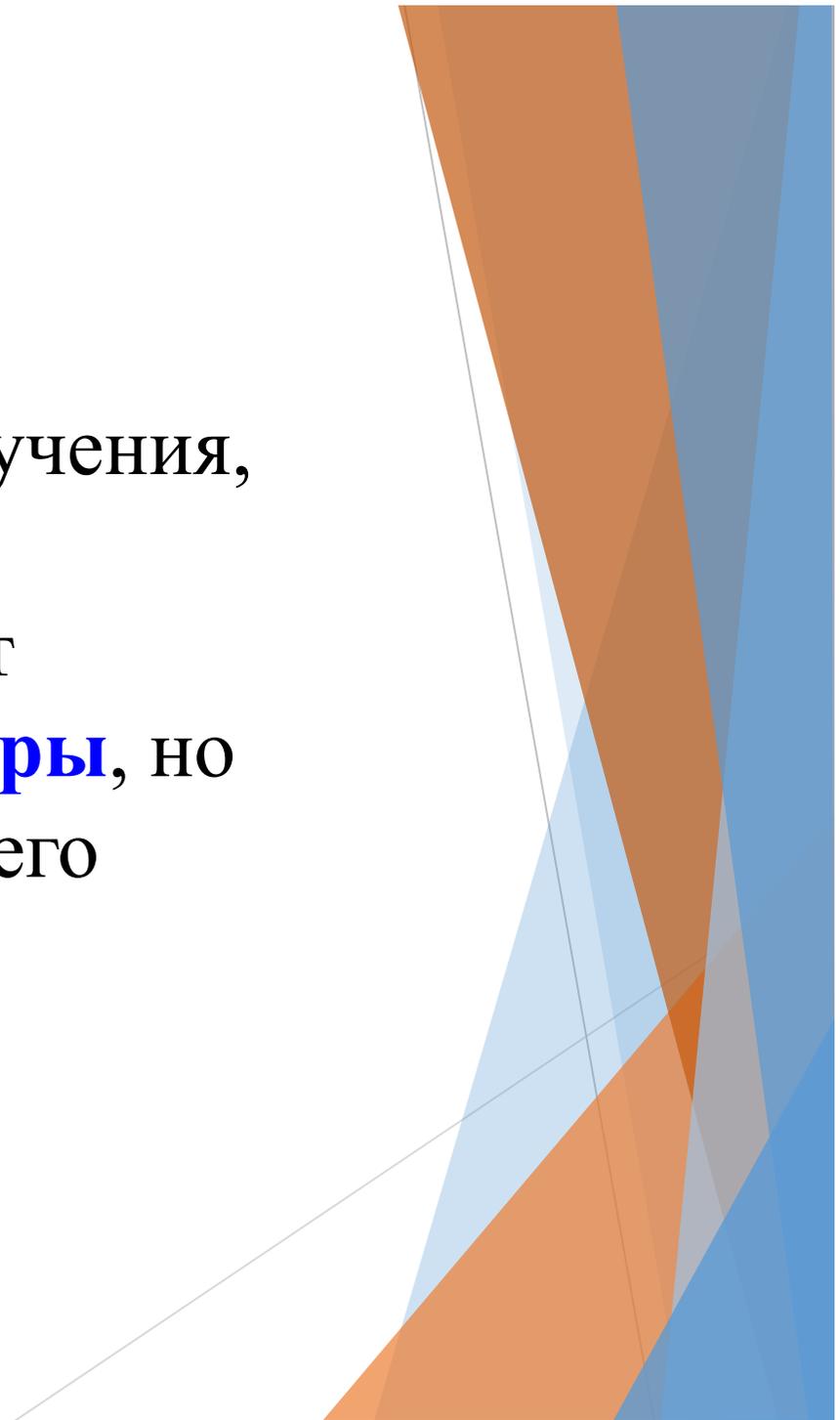
1. Спектр излучения абсолютно черного тела;
2. Температурная зависимость теплоемкости твердых тел;
3. Законы фотоэффекта;
4. Линейчатые спектры испускания и поглощения света.

Спектральное распределение теплового излучения черного тела.

Абсолютно черное тело (АЧТ) - тело, которое полностью поглощает любое падающее на его поверхность электромагнитное излучение.



Плотность энергии и спектральный состав излучения, испускаемого единицей поверхности АЧТ зависят **только от его температуры**, но не от природы излучающего вещества.



Спектральное распределение теплового излучения черного тела. Формула Релея-Джинса

Классическая электродинамика дает для описания спектра АЧТ **формулу Релея-Джинса**:

$$\rho(\omega, T) = \frac{\omega^2}{\pi^2 c^3} \cdot kT$$

где $\rho(\omega, T)$ плотность энергии в единичном частотном интервале, ω – частота излучения, T – температура, $k = 1.38 \cdot 10^{-16}$ эрг/К

**Джон Уильям Стретт,
третий барон
Рэлей (12.11.1842 г. -
30.06.1919 г.),**



Формула выведена Дж. У. Рэлеем (J. W. Rayleigh) в 1900 г.

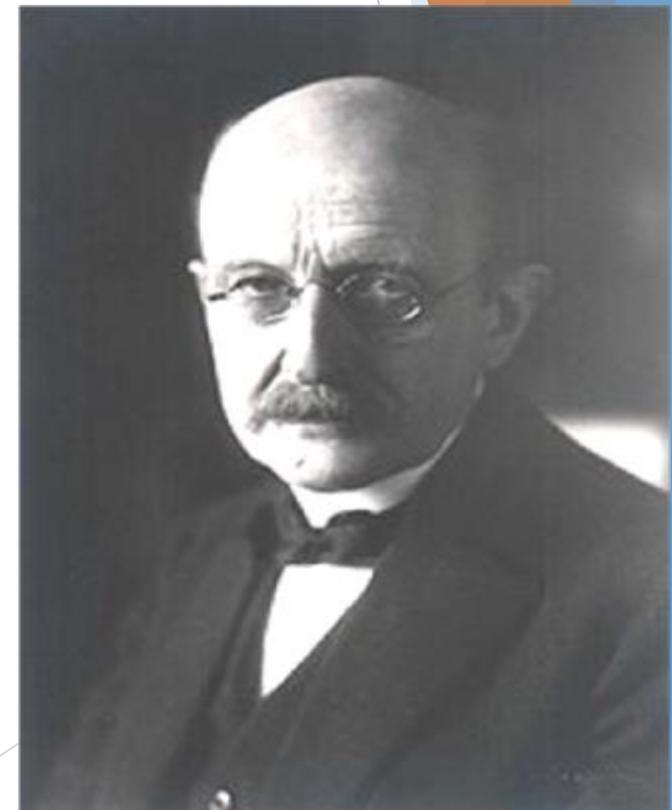
из классических представлений о равномерном распределении энергии по степеням свободы.

В 1905-09 гг. Дж. Джинс (J. Jeans), применив методы статистической физики к волнам в полости, пришёл к той же формуле, что и Рэлей.

Спектральное распределение теплового излучения черного тела. Формула Планка

В октябре 1900 г. немецкий физик М. Планк сначала эмпирически, а затем, обосновав теоретически, записал формулу для спектральной плотности излучения черного тела.

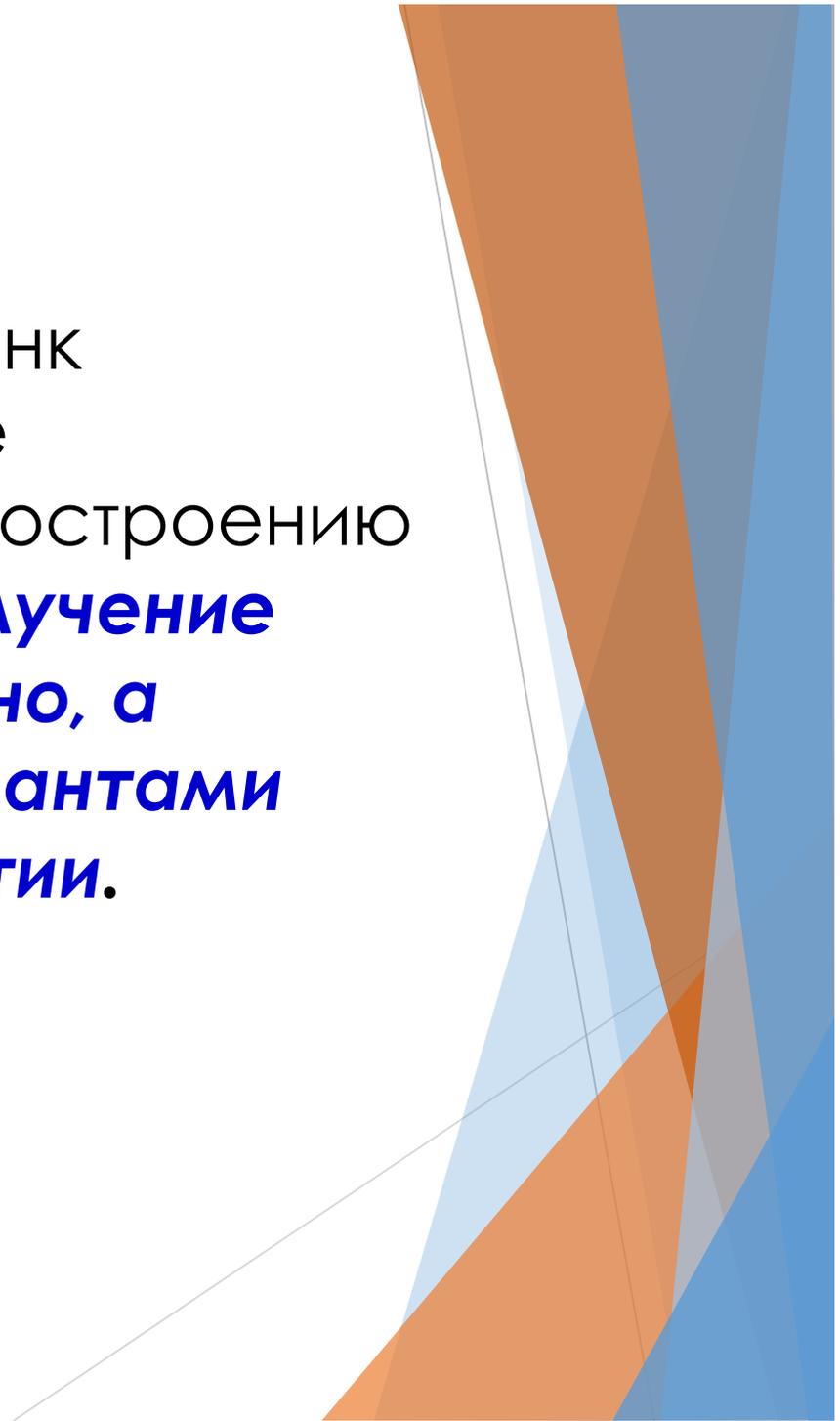
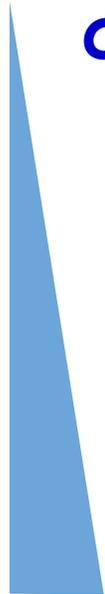
Макс Карл Эрнст Людвиг Планк, 1858 – 1947, немецкий физик-теоретик. Нобелевская премия 1918 г.: «**В знак признания его заслуг в развитии физики благодаря открытию квантов энергии**».



Сначала эту формулу Планк получил просто интерполяционным путем (комбинация закона Рэлея-Джинса и формулы Вина). Далее при теоретическом выводе ему пришлось ввести **гипотезу квантов**.

Через 8 недель после полуэмпирического открытия своей формулы Планк представил её теоретический вывод на заседании Немецкого физического общества. Это случилось 14 декабря 1900 г.

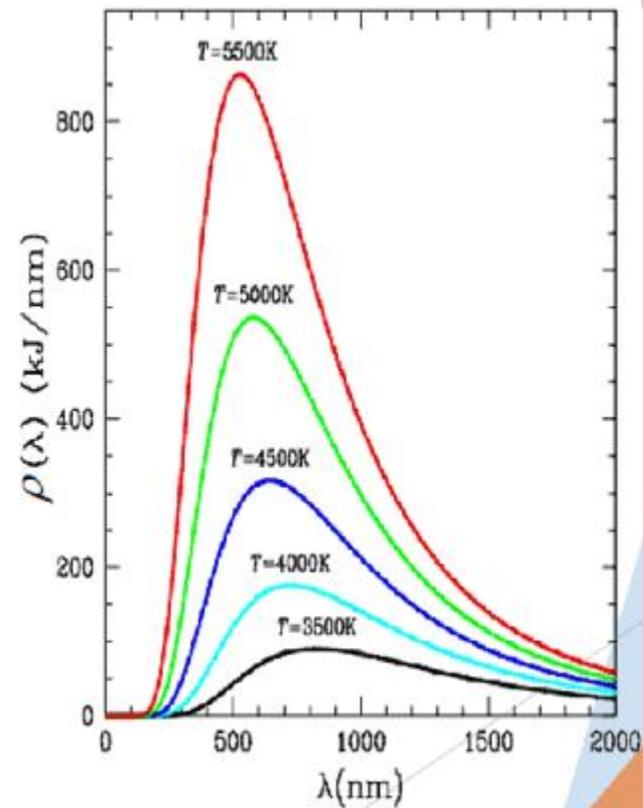
При выводе формулы Планк выдвинул гипотезу, в корне противоречащую всему построению классической физики: **излучение происходит не непрерывно, а конечными порциями – квантами света или квантами энергии.**



Спектральное распределение теплового излучения черного тела.

Формула Планка:

$$\lambda = \frac{2\pi c}{\omega}$$



Из доклада М. Планка на заседании 14 декабря 1900 г.: “Квант действия... **либо фиктивная величина**, и тогда вывод закона излучения был в принципе ложным и представлял собой всего лишь пустую игру в формулы, лишенную смысла, **либо же вывод закона излучения опирается на некую физическую реальность**, и **тогда квант действия должен приобрести фундаментальное значение в физике** и означает нечто совершенно новое и неслыханное, что должно произвести переворот в физике...”.

(Сам Планк вплоть до 1911г. пытался примирить гипотезу о квантах с классической физикой).

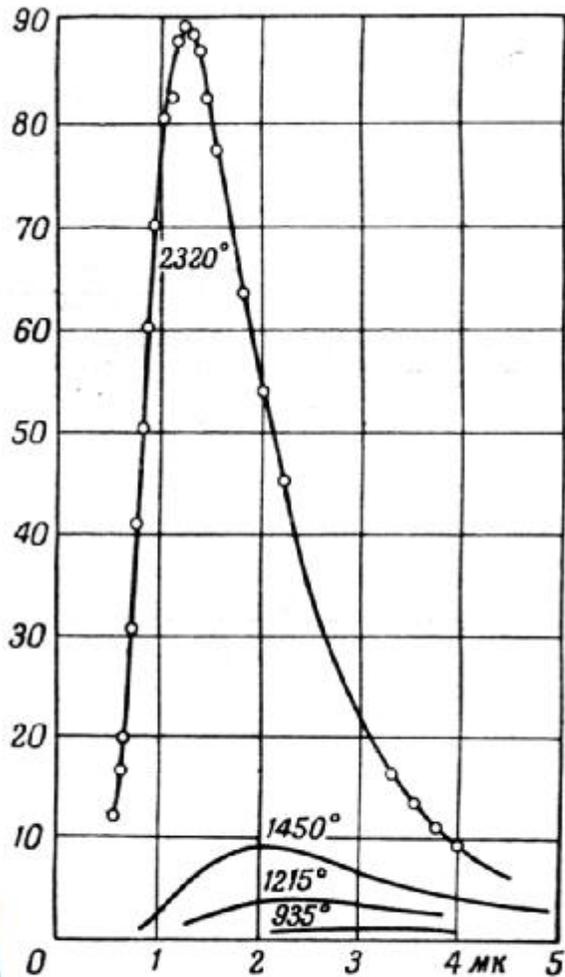
Вывод формулы Планка.

Вывод закона излучения по методу Планка *в какой-то мере неудовлетворителен*, поскольку он во многом основан на законах классической физики и лишь частично использует квантовые представления.

Поглощение и испускание света осциллятором рассчитывалось с помощью классической электродинамики, в то время как при нахождении средней энергии осциллятора использовалась квантовая гипотеза о его дискретных энергетических уровнях.

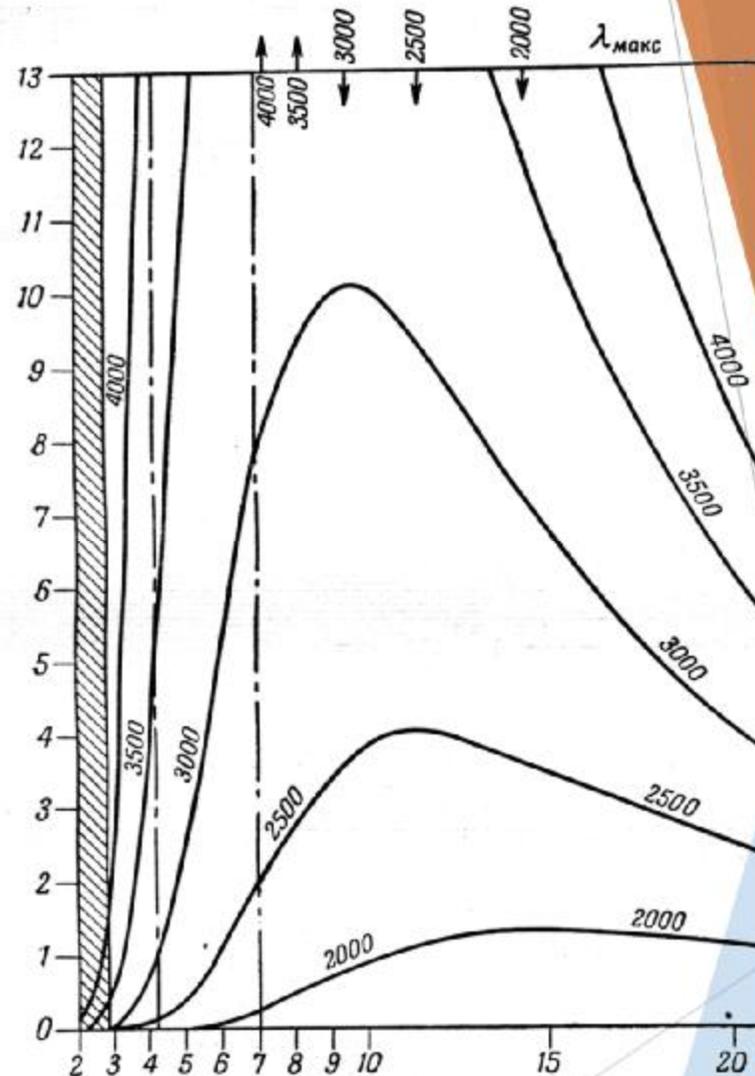
Успех такой непоследовательной теории связан со спецификой выбранной модели: **для осциллятора классическое и квантовомеханическое рассмотрение процессов поглощения и испускания приводит к одинаковым результатам.**

Пример кривых спектрального распределения интенсивности теплового излучения для различных температур.



(а)

Распределение интенсивности теплового излучения в зависимости от длины волны по данным Люммера и Прингсгейма.



(б)

Масштаб по оси абсцисс графика (б) - 0,1 мкм. Заштрихованная область - УФ.



BlackBody.exe

а) Экспериментальные данные

б) Расчет по формуле Планка

Сводка основных опытов и следствий из них. Корпускулярно-волновой дуализм.

