




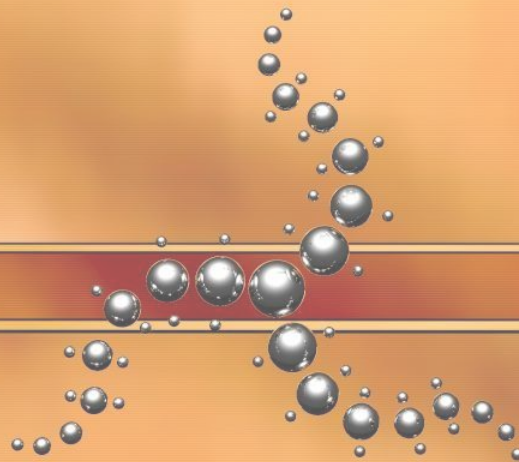
# Квантовая теория

Подготовил: Опенько42л/д



**Краткая история  
возникновения квантовой  
теории**

# Макс Планк



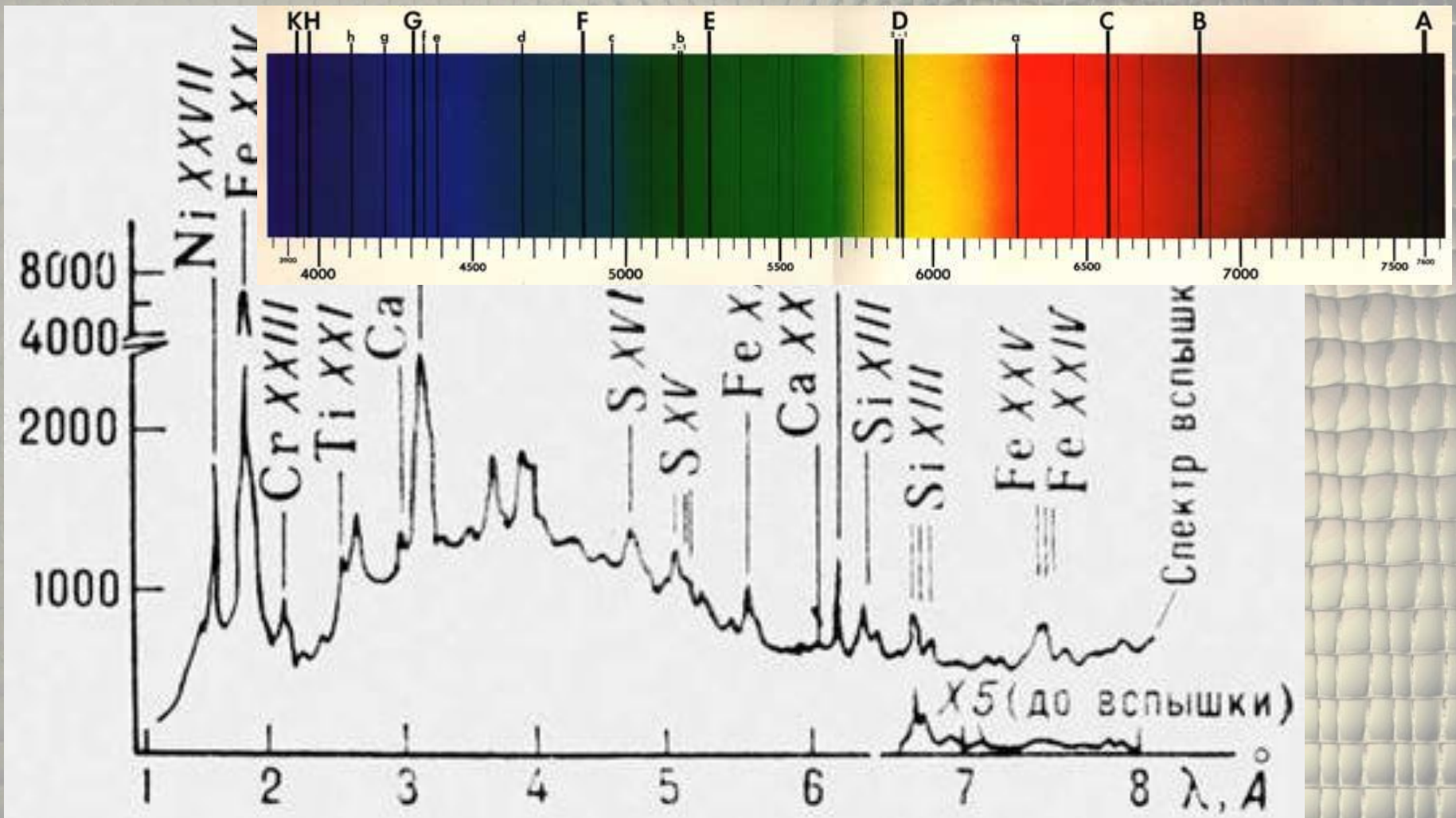
## Открытие квантов

# I. Проблемы классической физики.

## Свет - частицы или волна?

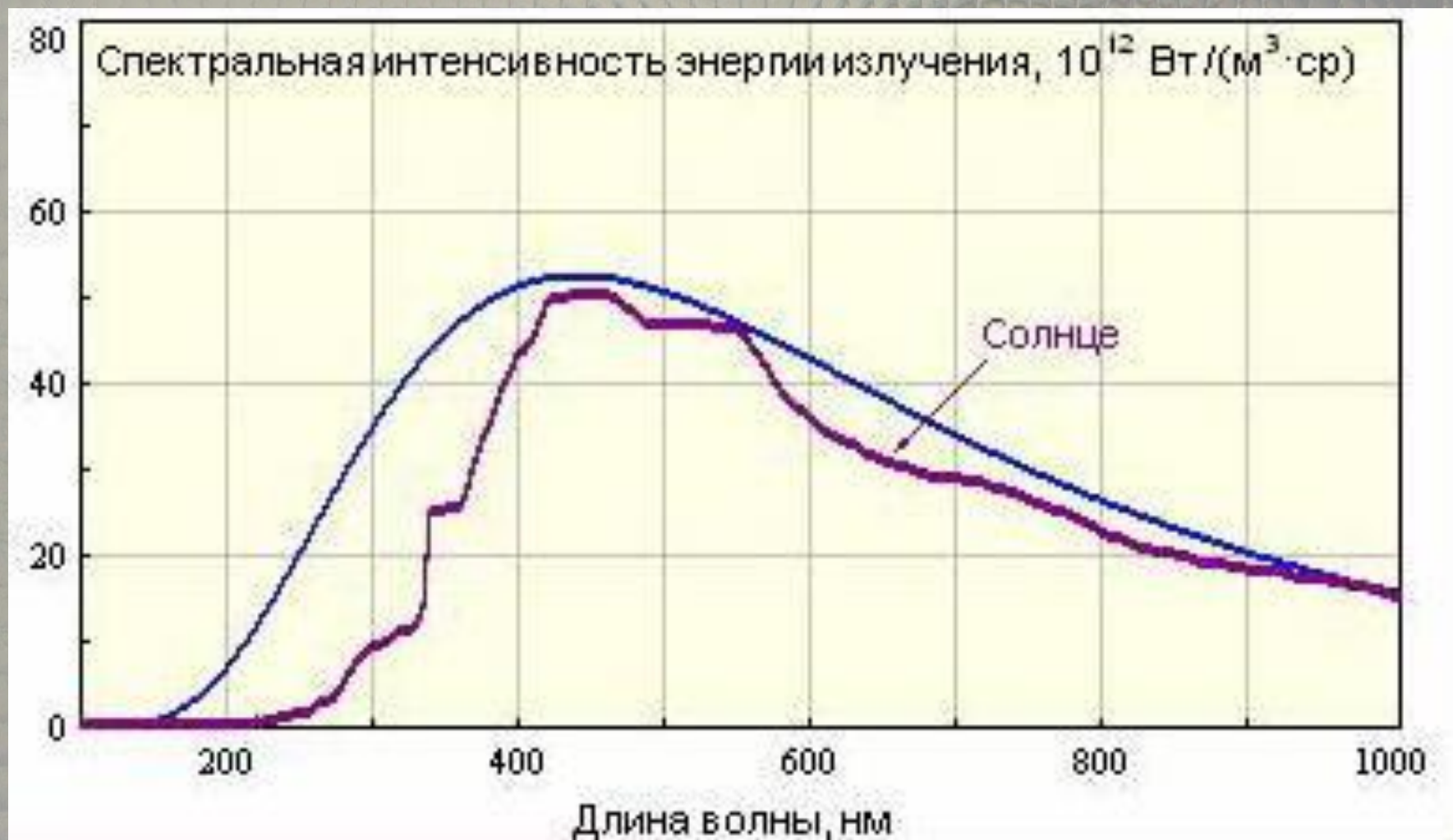
- **Ньютон (геометрическая оптика)**  
Свет - это частицы!
- **Гюйгенс (дифракция)**  
Свет - это волны!
- **Юнг (интерференция)**  
Свет – это волна!
- **Максвелл (Теория электромагнетизма)**  
Свет – это волна!
- **Герц (детектирование волн)**  
Свет – это волна!
- **Герц, Столетов (фотоэффект)**  
Свет – это частицы!

# II. Проблемы классической физики. Линейчатость спектра Солнца





# III. Проблемы классической физики. Излучение абсолютно черного тела



# Модели излучения абсолютно-черного тела

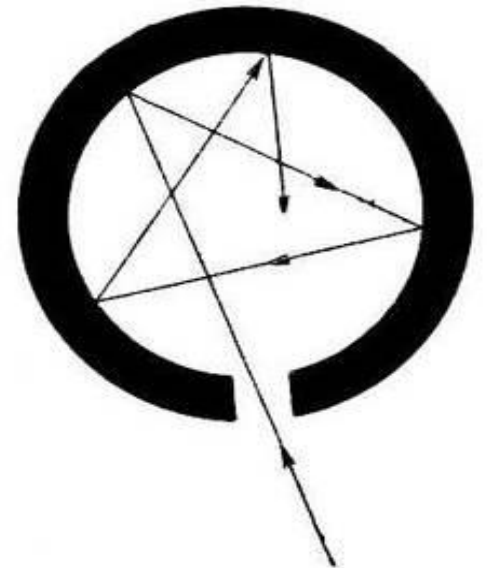
- Закон Релея-Джинса

$$\rho(\omega) = \frac{kT\omega^2}{4\pi^2c^2}$$

- Закон смещения Вина

$$\rho(\omega) = C_1 e^{-\frac{C_2\omega}{kT}}$$

$$T\lambda_m = \frac{2\pi\hbar c}{4.965k} = b$$







# Макс Планк

Родился в г. Киле 23 апреля 1858, умер 4 октября 1947 в семье юристов и учёных.. Окончил гимназию в Мюнхене, где наряду с высокой одарённостью по многим дисциплинам показал высокую прилежность и работоспособность.

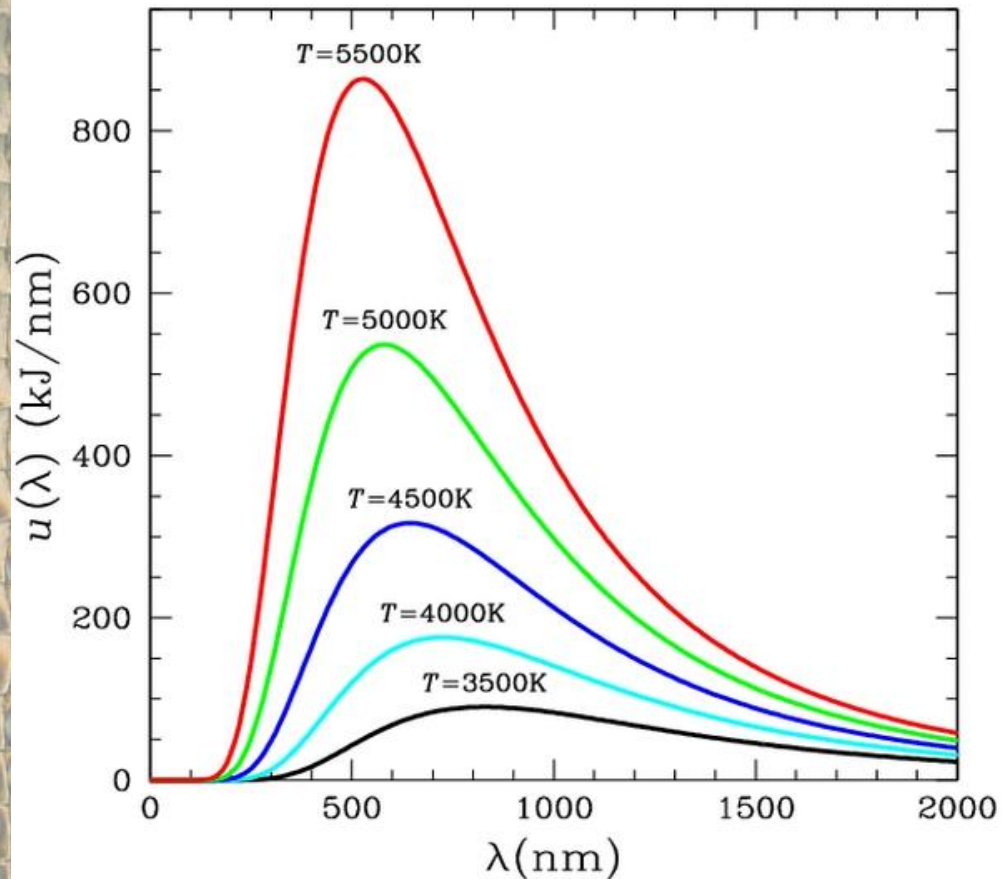
Решение стать физиком далось непросто — наряду с естественными дисциплинами привлекали музыка и философия. Физику изучал в Берлине и Мюнхене.

После защиты диссертации преподавал с 1885 г. по 1889 г. в Киле, а затем с 1889 г. по 1926 г. в Берлине. С 1930 г. по 1937 г. Планк возглавлял Общество кайзера Вильгельма (с 1948 г. преобразовано в Общество Макса Планка).

# Формула Планка

1901 г

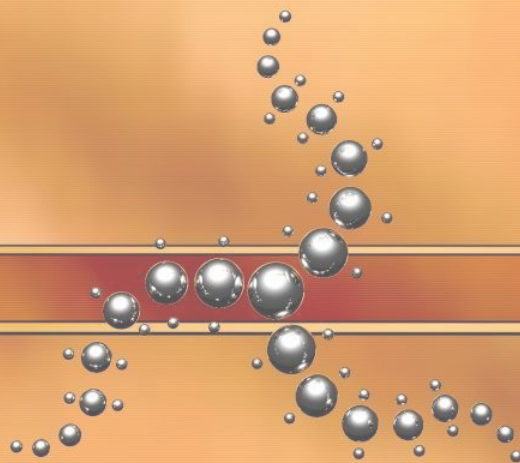
$$\rho = \frac{\hbar \omega^3}{4\pi^3 c^2} \frac{1}{e^{\frac{\hbar \omega}{kT}} - 1}$$



Основной результат  
в развитии квантовой механики

$$E = \hbar \omega$$

# Альберт Эйнштейн



Формула фотоэффекта

# Законы фотоэффекта Столетова

- Закон Столетова: при неизменном спектральном составе света, падающего на фотокатод, фототок насыщения пропорционален энергетической освещенности катода (иначе: **число фотоэлектронов, выбиваемых из катода за 1 с, прямо пропорционально интенсивности света**):
- Для данного фотокатода **максимальная начальная скорость фотоэлектронов зависит от частоты света и не зависит от его интенсивности.**
- Для каждого фотокатода **существует красная граница фотоэффекта**, то есть минимальная частота света  $\nu_0$  при которой фотоэффект ещё возможен.



# Альберт Эйнштейн

Родился (14 марта 1879 — 18 апреля 1955) в южно-германском городе Ульме, в небогатой семье .

Обучаясь в гимназии, Альберт Эйнштейн впервые обратился к самообразованию: в возрасте 12 лет в 1891 г. он **начал самостоятельно изучать математику** с помощью школьного учебника по геометрии. В гимназии он не был в числе первых учеников (исключение составляли математика и латынь). Укоренившаяся система механического заучивания материала учащимися (которая, как он считал, наносит вред самому духу учёбы и творческому мышлению), а также авторитарное отношение учителей к ученикам вызывало у Альберта Эйнштейна неприятие, поэтому **он часто вступал в споры со своими преподавателями.**

# Формула Эйнштейна для фотоэффекта

1905 г

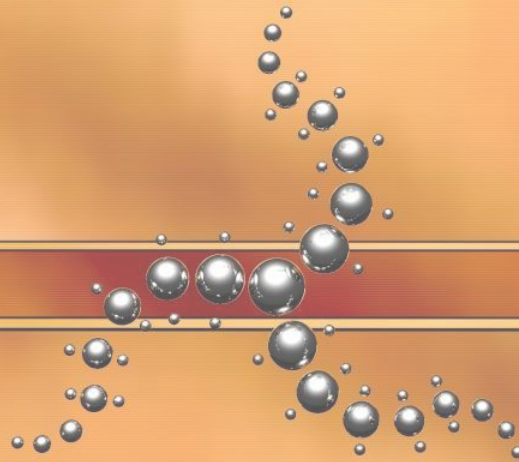
$$\hbar \omega = A_{out} + \frac{mv^2}{2}$$

# Основной результат в развитии квантовой механики

$$p = \hbar k$$



# Нильс Бор



Атом Бора

# Формула Ридберга

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

- Серия Бальмера  $n'=2$  (1885)
- Серия Пашена  $n'=3$  (1908)
- Серия Лаймана  $n'=1$  (1916)
- Серия Брэккета  $n'=4$  (1922)
- Серия Пфунда  $n'=5$  (1924)
- Серия Хэмпфри  $n'=6$  (1953)

# Серия Лаймана (1916)

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \left( R = 1.0974 \times 10^7 \text{ m}^{-1} \right)$$

<i>N</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Длина волны, нм	121,6	102,5	97,2	94,9	93,7	93,0	92,6	92,3	92,1	91,9 91,15

# Серия Бальмера (1885)

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \left( R = 1.0974 \times 10^7 \text{ m}^{-1} \right)$$

Обозначение	H $\alpha$	H $\beta$	H $\gamma$	H $\delta$	H $\epsilon$	H $\zeta$	H $\eta$
Длина волны, нм	656.	3486.	1434.	1410.	2397	.0388.	9383. 5364.6



## Нильс Бор

Нильс Бор родился в семье профессора физиологии Копенгагенского университета происходящей из влиятельного и весьма состоятельного рода датских банкиров и парламентариев. В 1908 окончил университет в Копенгагене. Здесь он выполнил свои первые работы по исследованию колебаний струй жидкости (1907—1910) и классической электронной теории металлов (1911). В 1911—1912 работал в Кембридже у Дж. Дж. Томсона и в Манчестере у Э. Резерфорда. В 1914—1916 читал курс математической физики в Манчестере. В 1916 получил кафедру теоретической физики в Копенгагене.

# Постулаты Бора

## **Первый постулат:**

Атомы имеют ряд стационарных состояний соответствующих определенным значениям энергий:  $E_1, E_2 \dots E_n$ . Находясь в стационарном состоянии, атом энергии не излучает, несмотря на движение электронов.

## **Второй постулат:**

В стационарном состоянии атома электроны движутся по стационарным орбитам, для которых выполняется квантовое соотношение:

$$m \cdot v \cdot r = n \cdot h / 2 \cdot \pi$$

где  $m \cdot v \cdot r = L$  - момент импульса,  $n=1,2,3,\dots$ ,  $h$ -постоянная Планка.

## **Третий постулат:**

Излучение или поглощение энергии атомом происходит при переходе его из одного стационарного состояния в другое. При этом излучается или поглощается порция энергии (**квант**), равная разности энергий стационарных состояний, между которыми происходит переход:

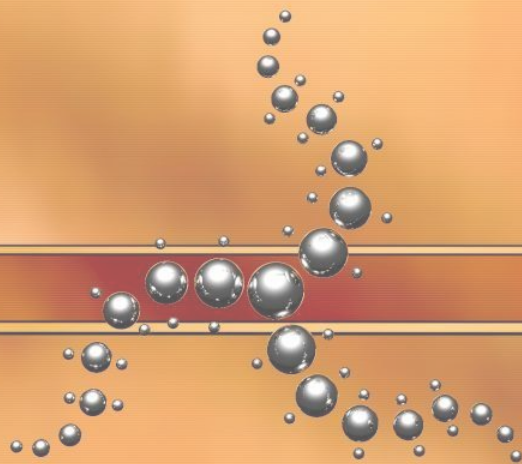
$$e = h \cdot \nu = E_m - E_n$$

# Основной результат в развитии квантовой механики

I. Существуют неизлучающие орбиты

$$II. \quad \omega_{nm} = \frac{E_n - E_m}{\hbar}$$

# Луи Де Бройль



Частица - волна

## Волны Бора

**Стационарные  
орбиты в атоме  
такие,  
что в их длину  
укладывается**

**ровно целое число**





## Луи де Бройль

Луи де Бройль родился 15 августа 1892 г в городе Дьеппе. Умер 19 марта 1987 г

Выросший в утонченной и привилегированной среде французской аристократии, юноша еще до поступления в лицей Жансон-де-Сайи в Париже был увлечен различными науками. Особый интерес в нем вызывала история, изучением которой он занялся на факультете искусств и литературы Парижского университета, где он в 1910 г. получил степень бакалавра. Не без влияния старшего брата Мориса молодой де Бройль все больше увлекался физикой и, по его собственным словам, *"философией, обобщениями и книгами Анри Пуанкаре"*, знаменитого французского математика.

После периода интенсивных занятий он в 1913 г. получил ученую степень по физике на факультете естественных наук Парижского университета. Лауреат Нобелевской премии по физике, пожизненный секретарь Французской Академии наук.

# Волны де Бройля

Все материальные тела – волны!

$$\Psi = C e^{\frac{i}{\hbar}(px - Et)}$$

$$p = \hbar k$$

$$E = \hbar \omega$$

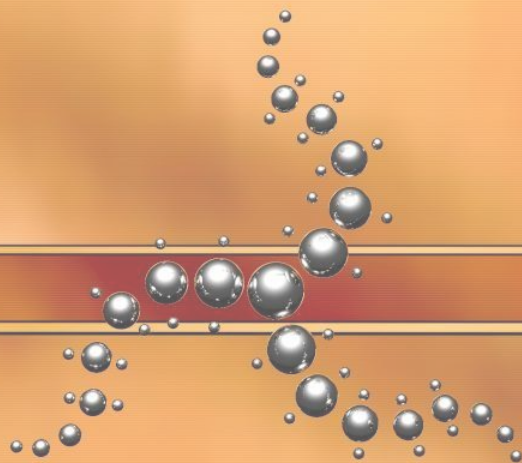
# Основной результат в развитии квантовой механики

## Первый постулат квантовой теории

Волновая функция частицы,  
движущейся без взаимодействия с  
другими частицами имеет вид:

$$\Psi = C e^{\frac{i}{\hbar}(px - Et)}$$

# Гейзенберг



Возникновение квантовой механики



## Вернер Гейзенберг

Родился в 1901 г. в Вюрцбурге. Изучал физику в Мюнхене под руководством А. Зоммерфельда. Окончил университет за минимальное разрешённое время — три года. Защитил диссертацию по теме «О стабильности и турбулентности потоков жидкости». В 1924 году — ассистент Макса Борна в Гёттингене. Работал с Нильсом Бором в Копенгагене. В последующие годы основал, совместно с Максом Борном и Паскуалем Йорданом, квантовую механику. В 1927 г. стал профессором в Лейпцигском университете. В 1932 г. получил нобелевскую премию по физике. С 1942 по 1945 гг. руководил институтом физики общества Кайзера Вильгельма в Далеме и преподавал в качестве профессора в Берлинском университете, где участвовал в урановом проекте армейского оружейного ведомства 3-го рейха. С 1945 по 1946 интернирование в Англии, после чего становится директором института физики общества Макса Планка в Мюнхене.

Основной результат  
в развитии квантовой  
механики

1926 г.

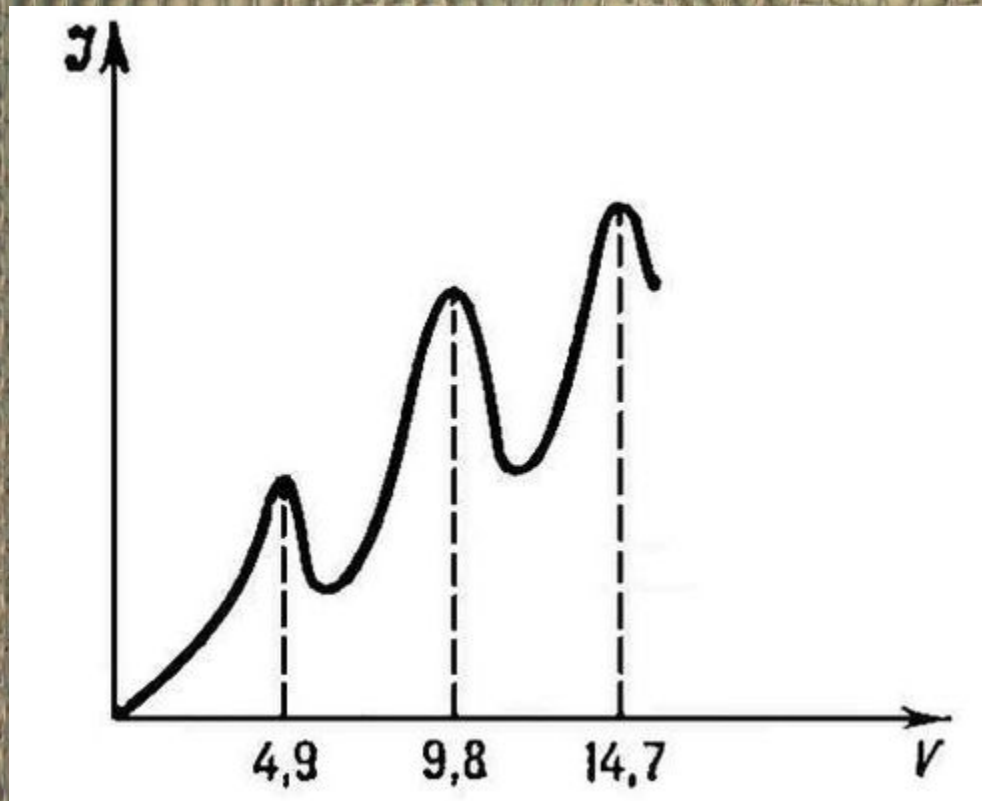
Матричная механика

Квантовая механика создана!

# **Другие эксперименты повлиявшие на развитие квантовых представлений**

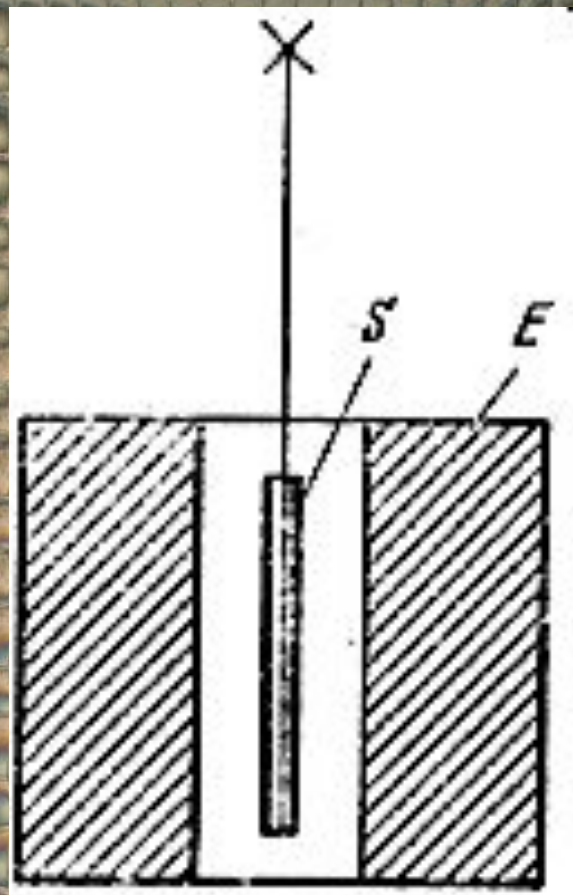
- Опыт Франка-Герца (1913)**
- Опыт Эйнштейна –Де Гааза (1915)**
- Опыт Штерна-Герлаха (1921)**

## Опыт Франка-Герца (1913)





# Опыт Эйнштейна – Де Гааза (1915)



# Опыт Штерна-Герлаха (1921)

