

Лекция 6

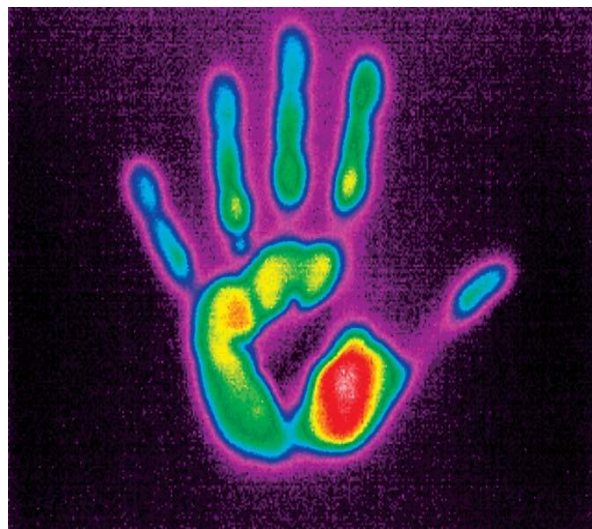
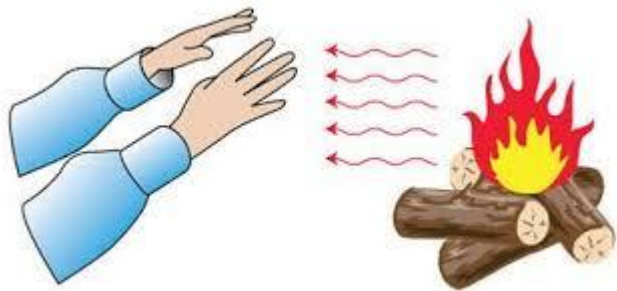
**Корпускулярно-волновой дуализм.
Основы квантовой механики.**

Триумф классической физики

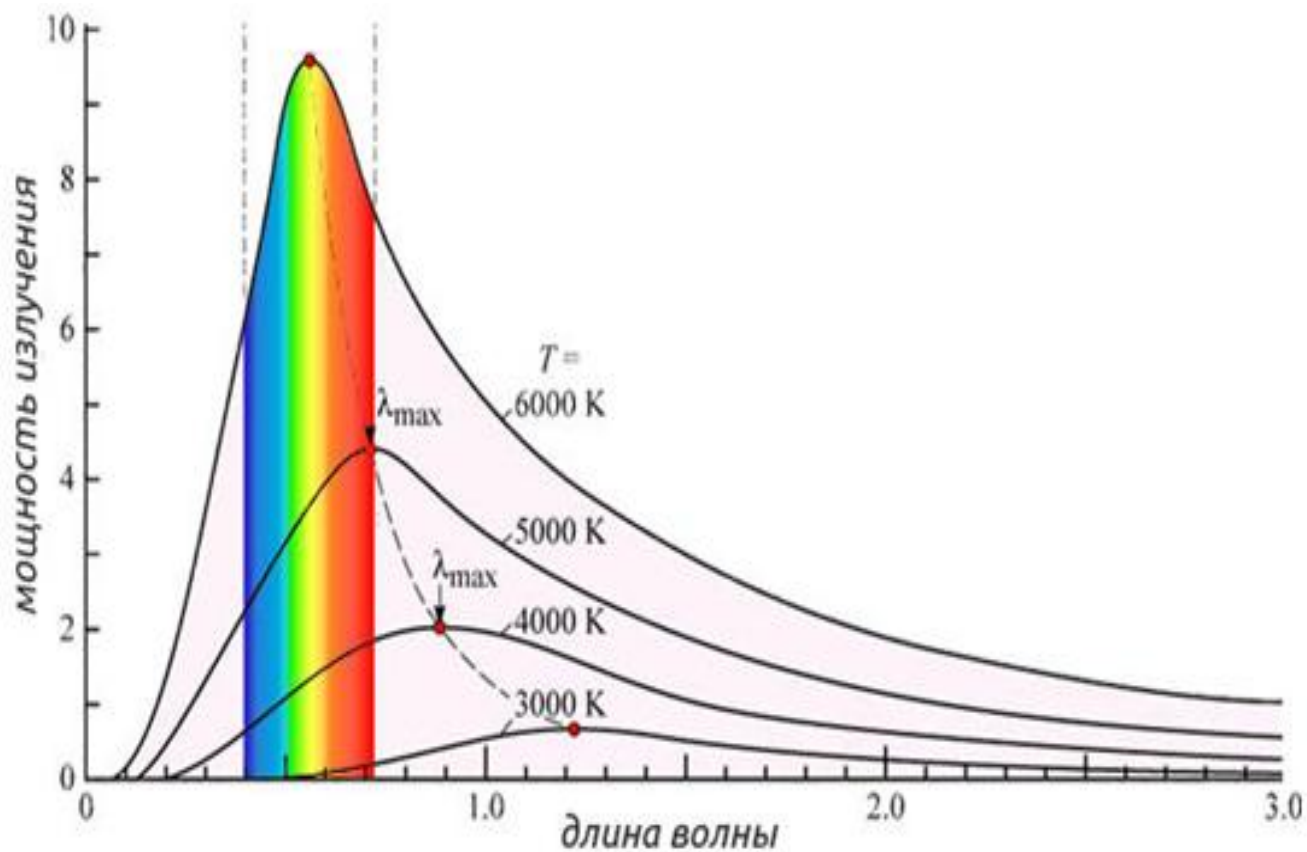
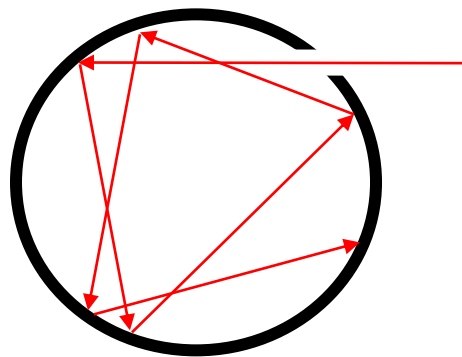
1900 год, Уильям Томсон (лорд Кельвин) : «красота и ясность динамической теории <...> в настоящее время омрачены лишь двумя облачками».

- ✓ нулевой результат эксперимента Майкельсона;
- ✓ ультрафиолетовая катастрофа Рэля-Джинса.

Тепловое излучение



Излучение абсолютно черного тела



Ультрафиолетовая катастрофа -

очевидная невозможность построить
теорию равновесного теплового
излучения в рамках классической

Гипотеза Планка

энергия излучателя принимает не произвольные значения, а образует дискретный ряд

$$\varepsilon = h\nu n$$

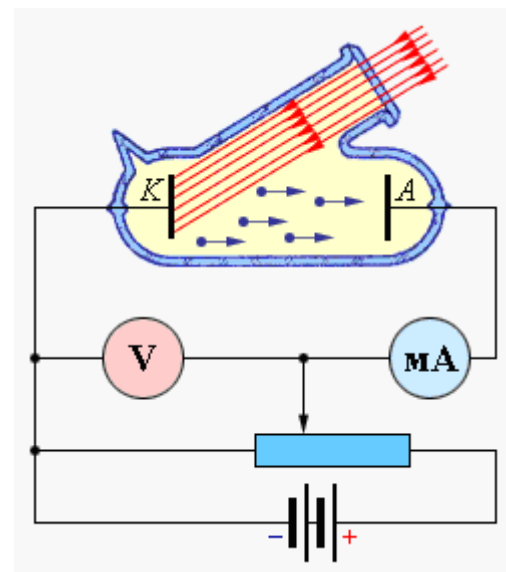
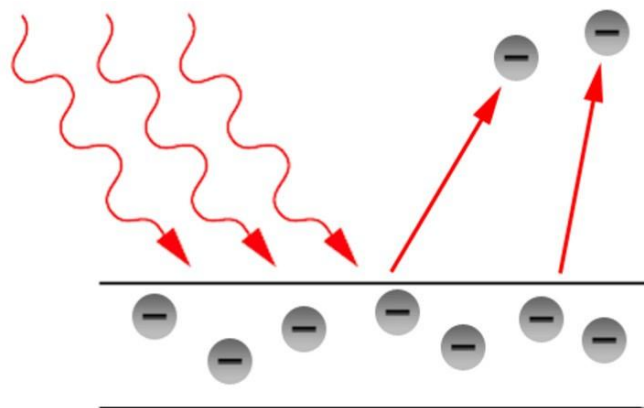
$h = 6,626 \times 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка

ν – частота

$n = 1, 2, 3, \dots$

Фотоэлектрический эффект

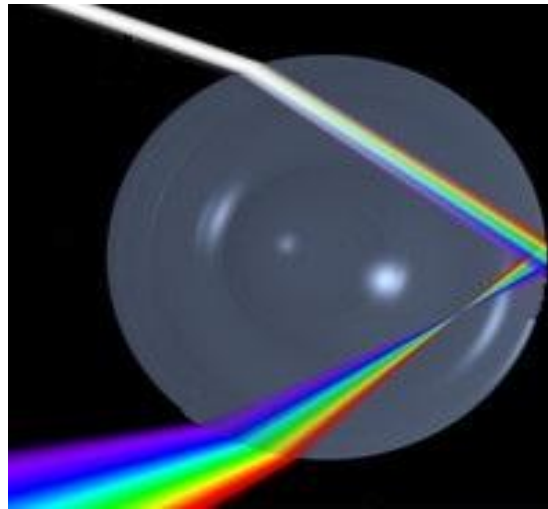
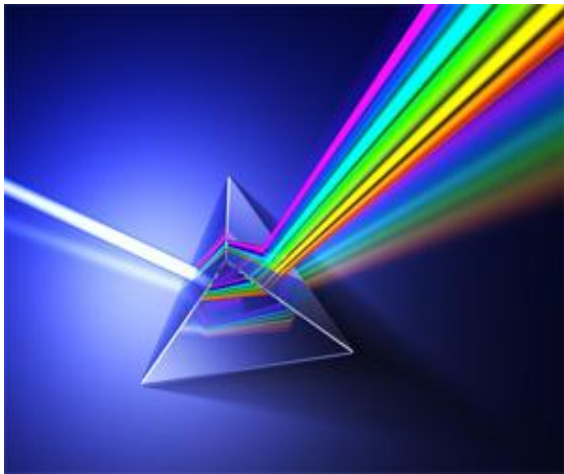
испускание веществом электронов под действием электромагнитного излучения.



Гипотеза Эйнштейна:
свет поглощается и
распространяется в виде частиц
– фотонов

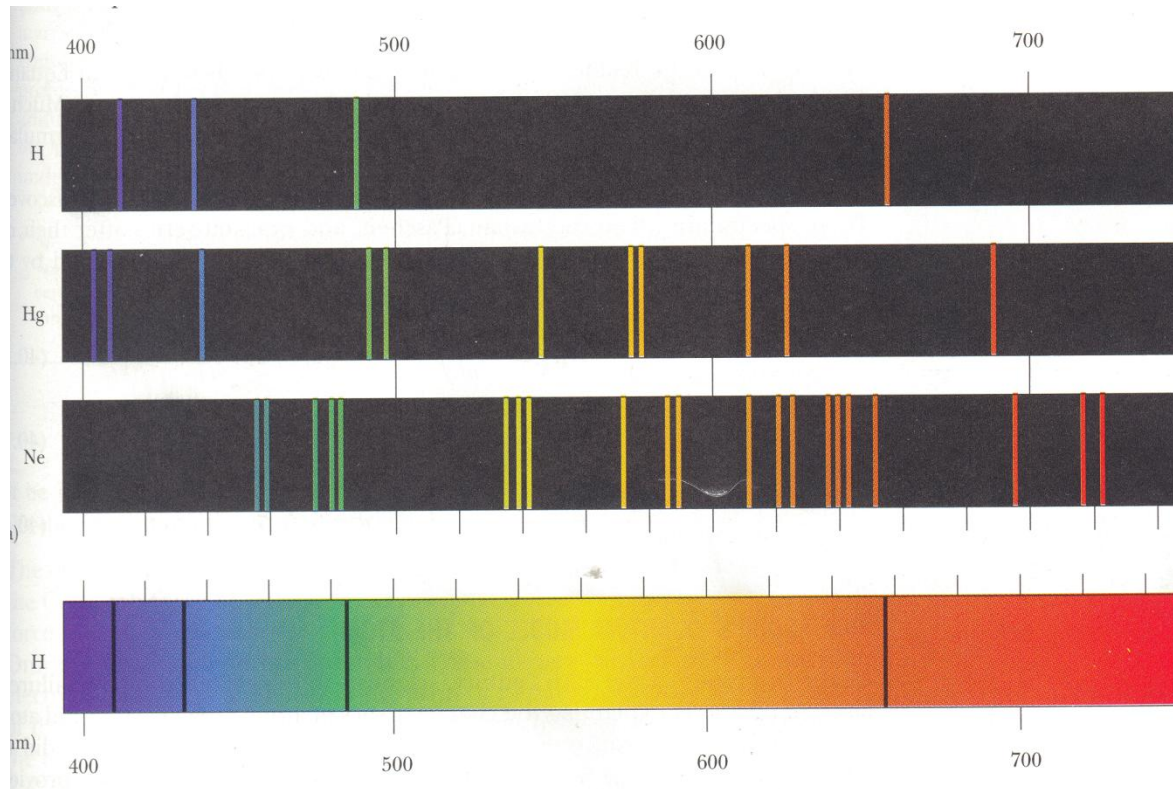
$$h\nu = A_0 + \frac{mV_{\max}^2}{2}$$

Волновые свойства света. Дисперсия. Интерференция. Дифракция.



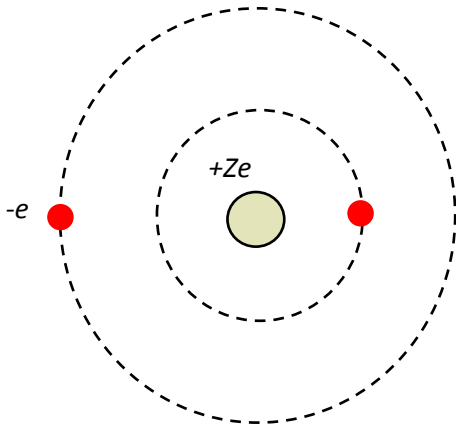
КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ
- важнейшее универсальное свойство
природы, заключающееся в том, что
свет проявляет одновременно и
корпускулярные и волновые
характеристики.

Линейчатый спектр излучения атомов



$$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad m = 1, 2, \dots \quad n = m + 1, m + 2, \dots$$

Атом Бора



✓ **Постулат стационарных состояний.** Атом может находиться только в избранных (квантовых) состояниях, характеризующихся дискретными значениями энергии.

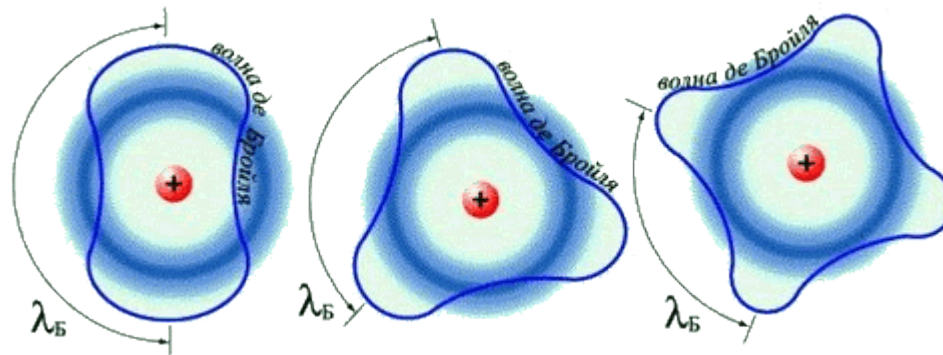
✓ **Правило частот.** При переходе из состояния с большей энергией в состояние с меньшей энергией атом испускает фотон с энергией равной разности энергий этих состояний

Луи де Бройль

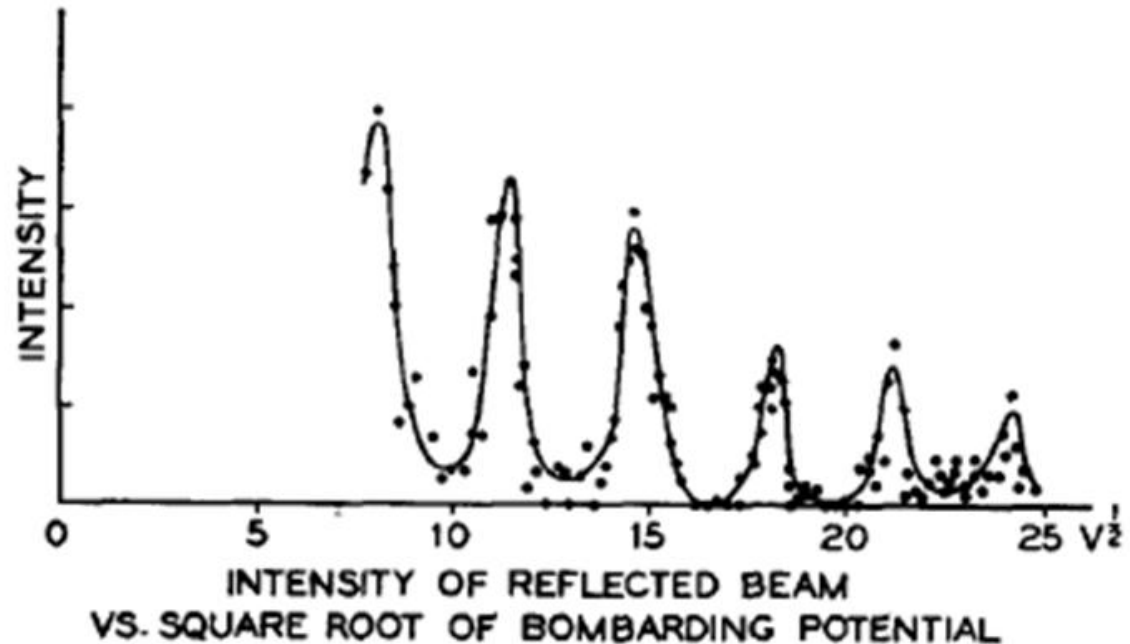
гипотеза об универсальности
корпускулярно-волнового дуализма

Со всякой свободно движущейся материальной частицей, де Бройль связал плоскую волну

$$p = h / \lambda$$

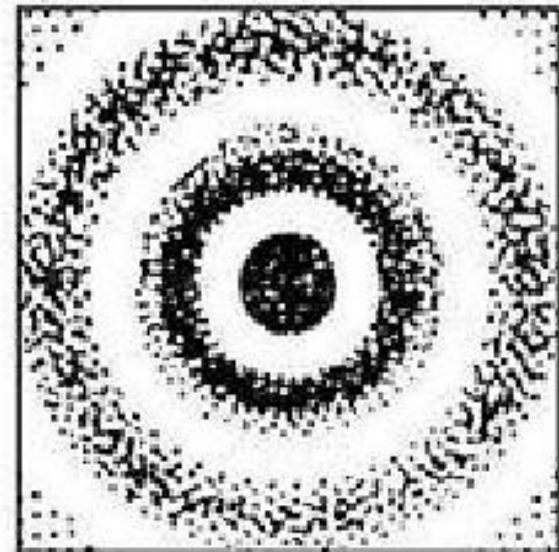
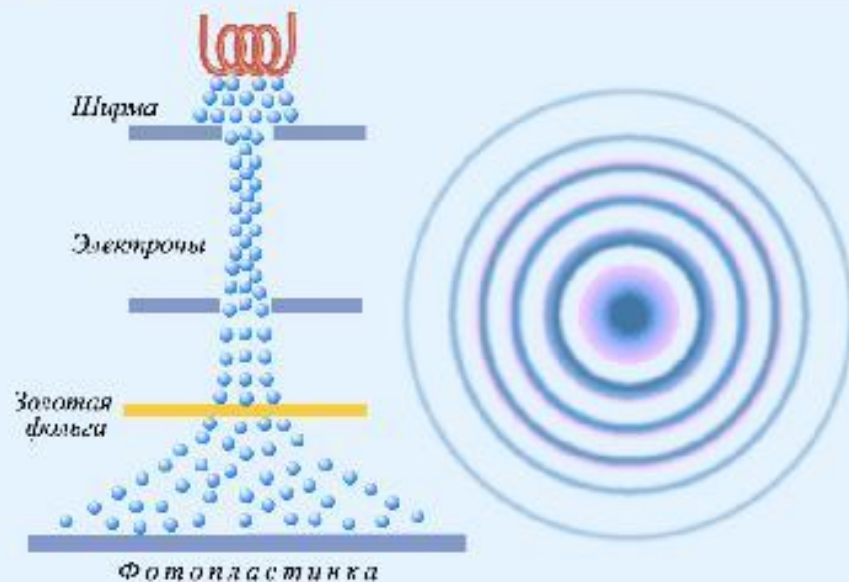


Опыты Дэвиссона и Джермера по рассеянию электронных пучков на кристаллах никеля

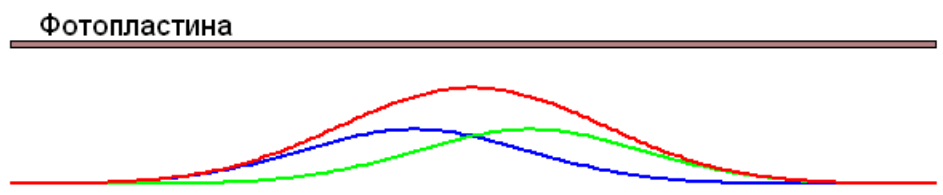
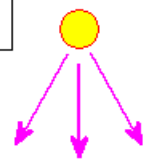


Showing selectivity of electron reflection—angle of incidence 10 degrees.

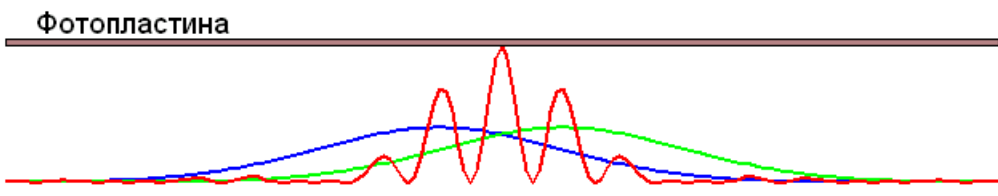
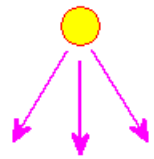
Опыт Дж. Томсона (1928 г.)



- открыта только щель А
- открыта только щель В
- открыты щели А и В



- открыта только щель А
- открыта только щель В
- открыты щели А и В



*Борн: интенсивность волн де Бройля в
каком-либо месте пространства
пропорциональна вероятности
обнаружить частицу в этом месте.*

Соотношение неопределенностей Гейзенберга

$$\Delta p_x \cdot \Delta x \geq h$$

$$\Delta p_y \cdot \Delta y \geq h$$

$$\Delta p_z \cdot \Delta z \geq h$$

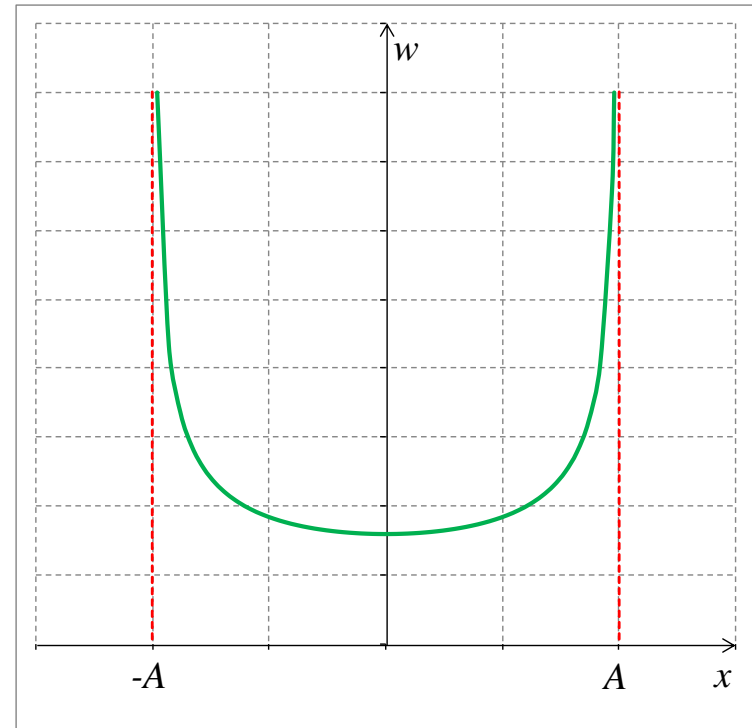
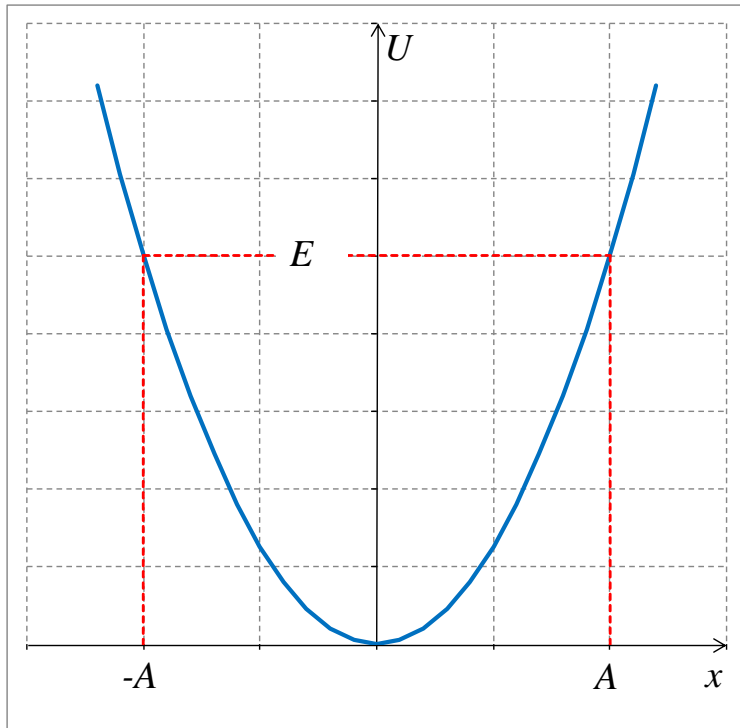
Для микрочастицы не может быть одновременно сколь угодно точно определена координата и сопряженная ей проекция импульса

Волновая функция. Уравнение Шредингера.

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(r, t) = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi(r, t) + U(r, t) \Psi(r, t)$$

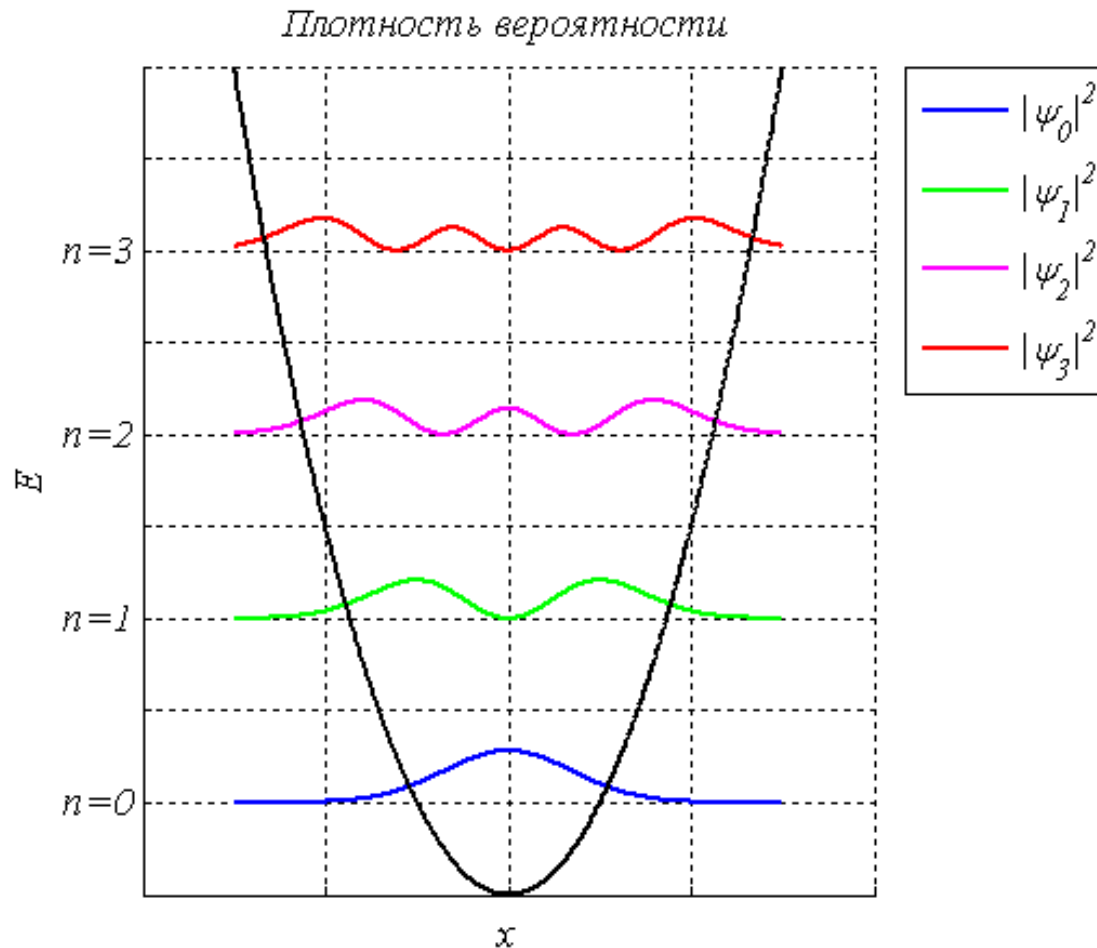
- Уравнение постулируется.
- Критерий – согласие с опытом.
- Выполняется принцип соответствия.

Гармонический осциллятор



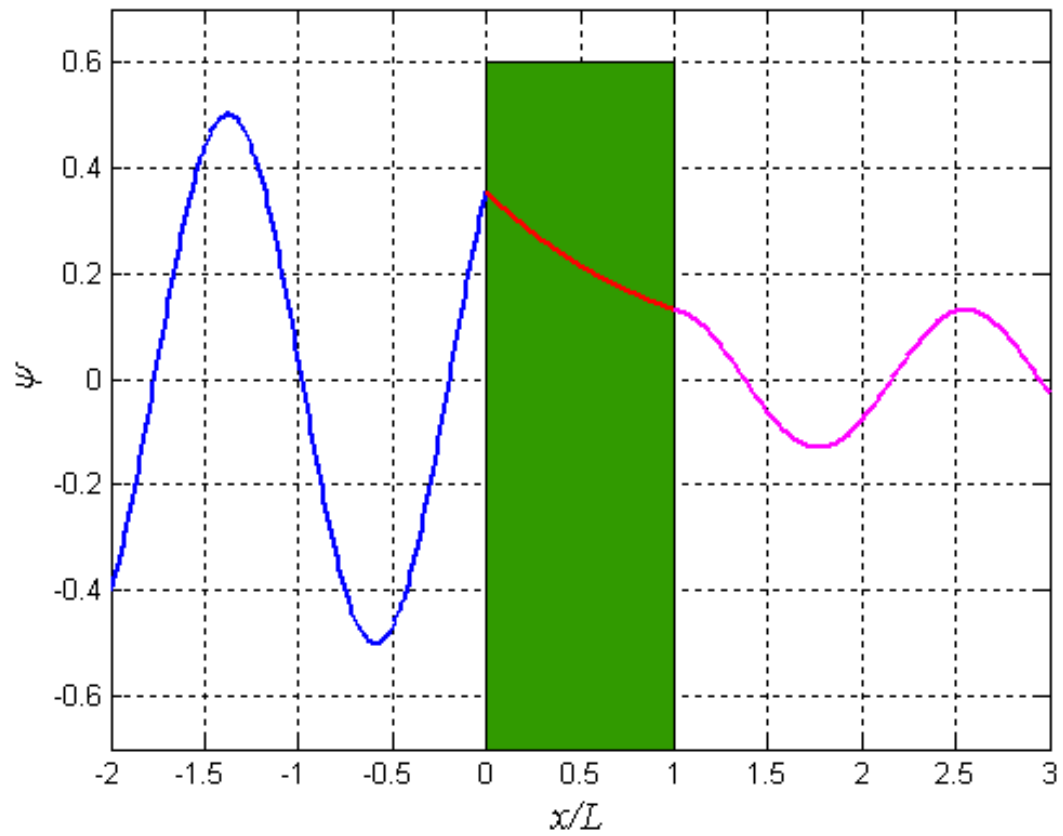
классический осциллятор

Гармонический осциллятор

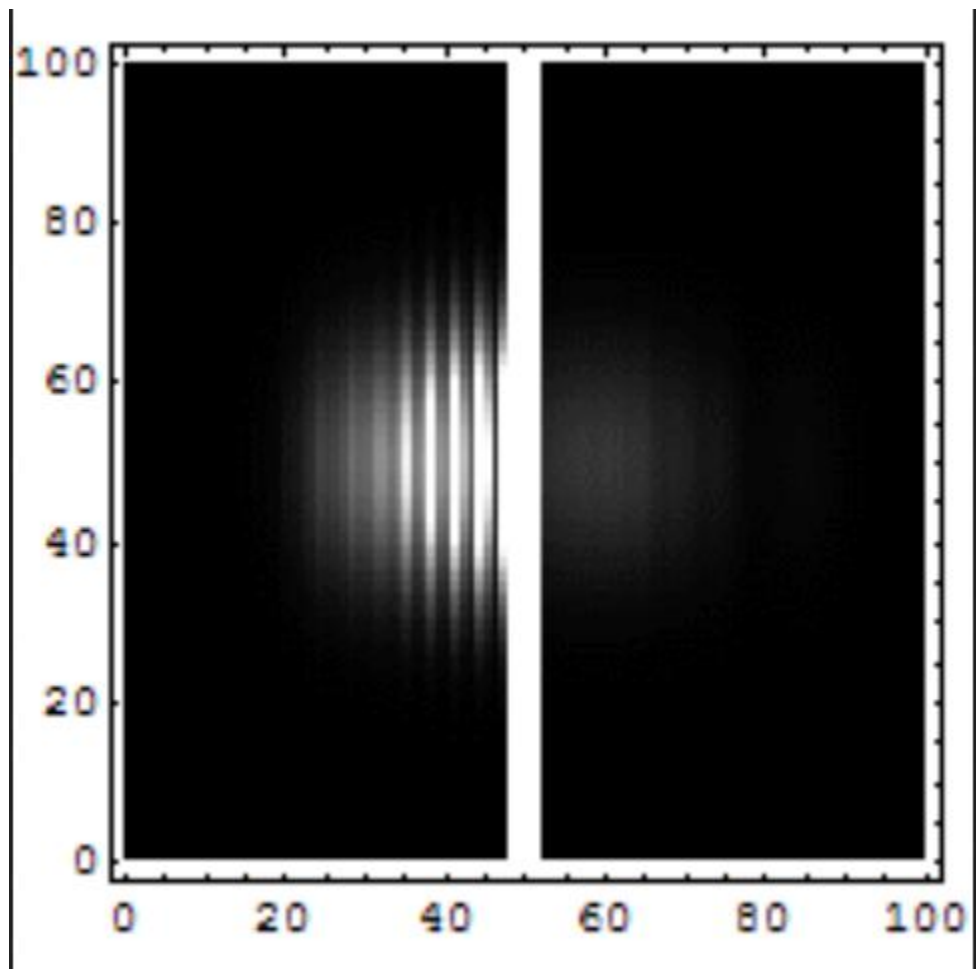


КВАНТОВЫЙ ОСЦИЛЛЯТОР

Туннельный эффект

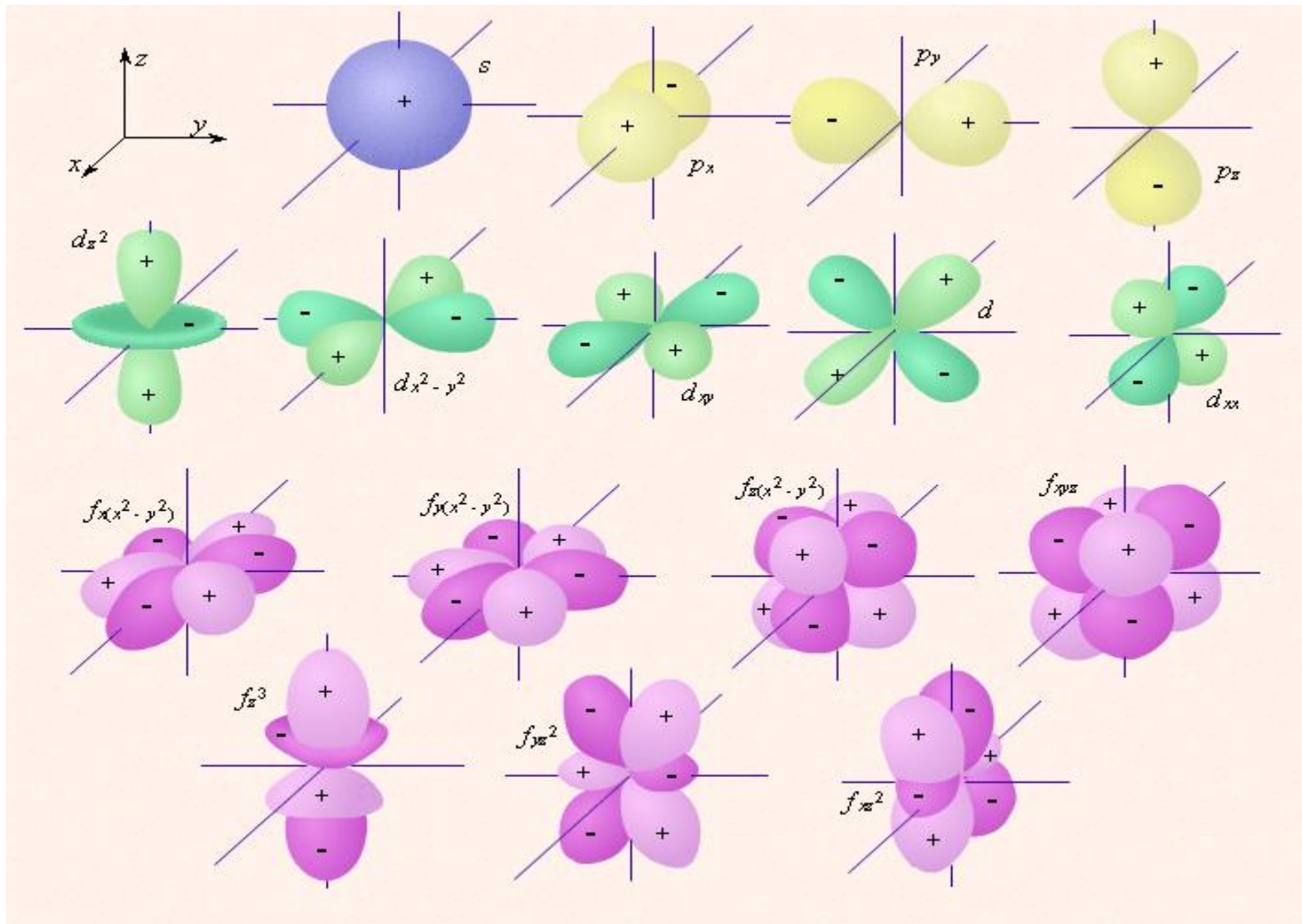


Туннельный эффект



картинка кликабельна

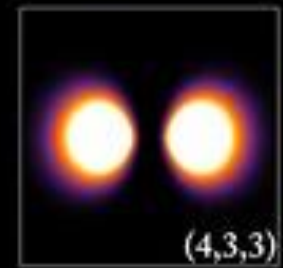
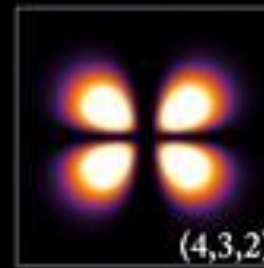
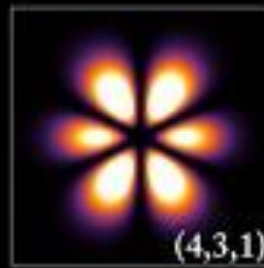
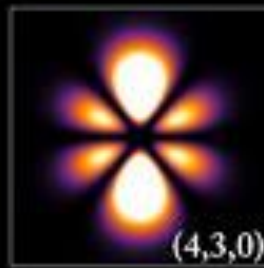
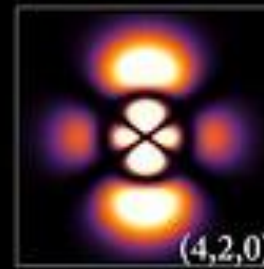
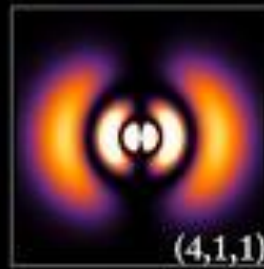
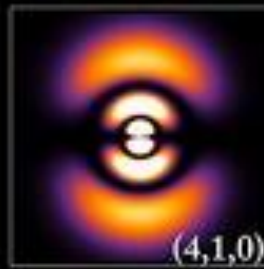
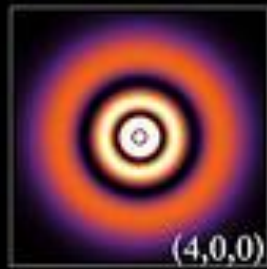
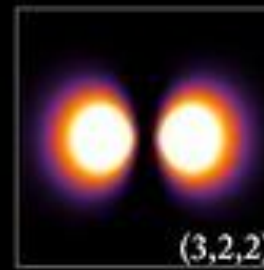
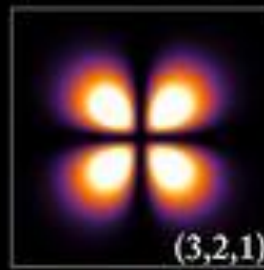
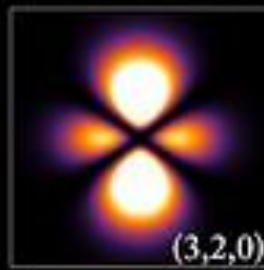
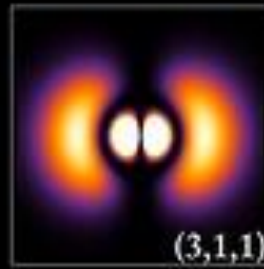
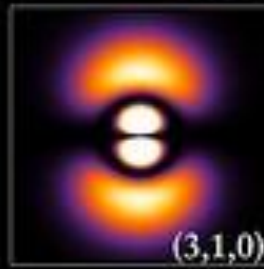
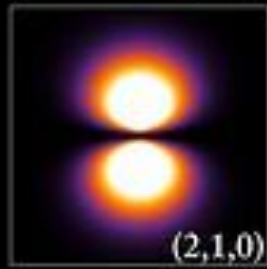
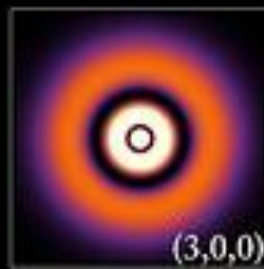
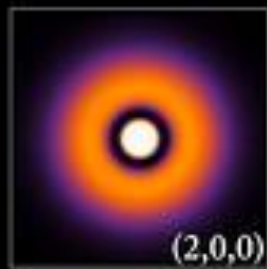
Атом водорода. Квантовые числа.



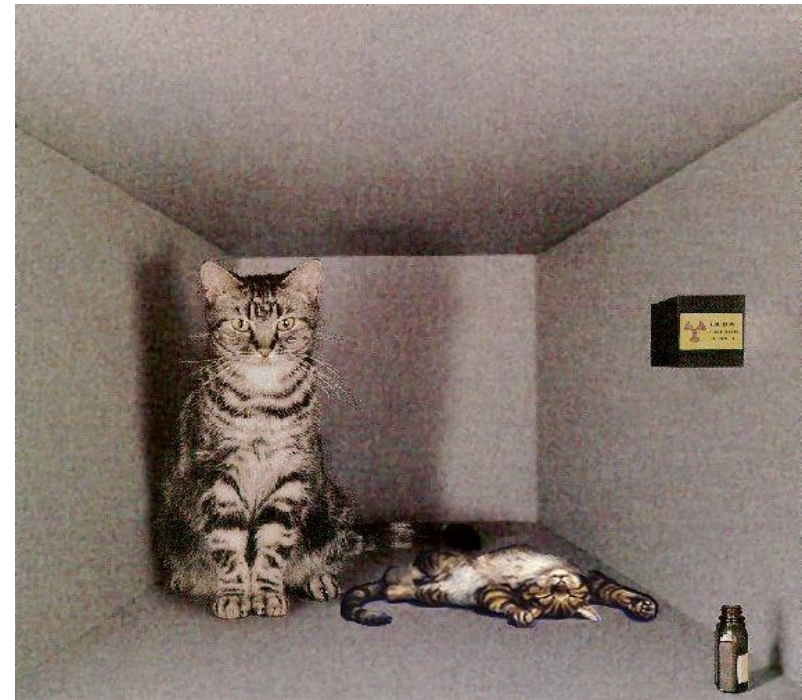
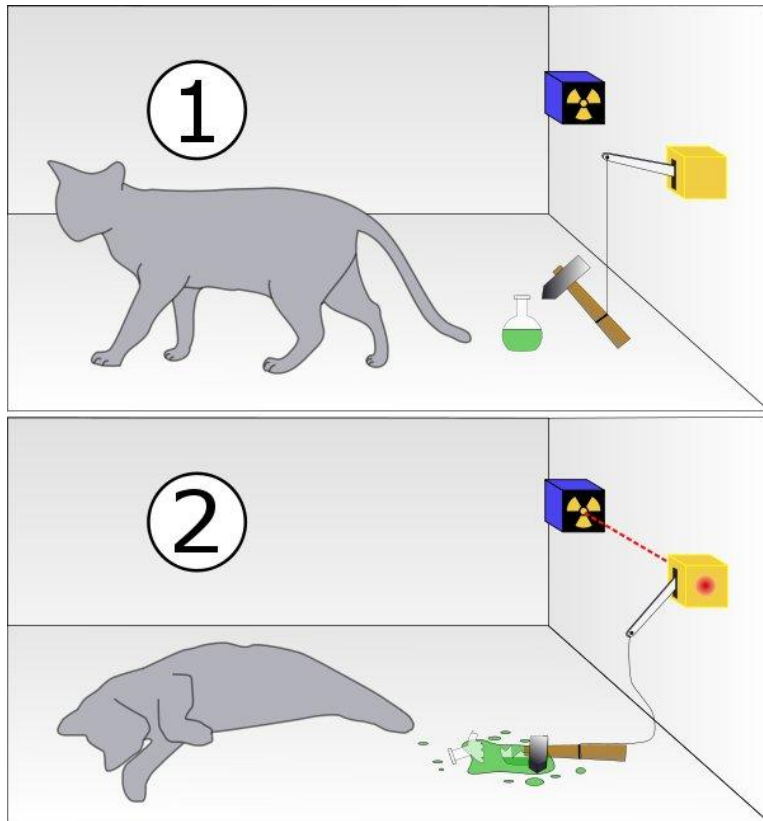
Hydrogen Wave Function

Probability density plots.

$$\psi_{nlm}(r, \theta, \varphi) = \sqrt{\left(\frac{2}{na_0}\right)^3 \frac{(n-l-1)!}{2n[(n+l)!]}} e^{-\rho/2} \rho^l L_{n-l-1}^{2l+1}(\rho) \cdot Y_{lm}(\theta, \varphi)$$



Парадокс кота Шредингера



Когда система перестаёт существовать как смешение двух состояний и выбирает одно конкретное?

Квантово-полевая картина мира