

Корпускулярно-волновой дуализм

1924 г. Луи де Бройль $\omega = \frac{E}{\hbar}, \quad \lambda = \frac{2\pi\hbar}{p}, \quad \mathbf{k} = \frac{\mathbf{p}}{\hbar}$

Луи Виктор Пьер Раймон, 7-й герцог де Бройль

Свободная частица \Leftrightarrow плоская волна

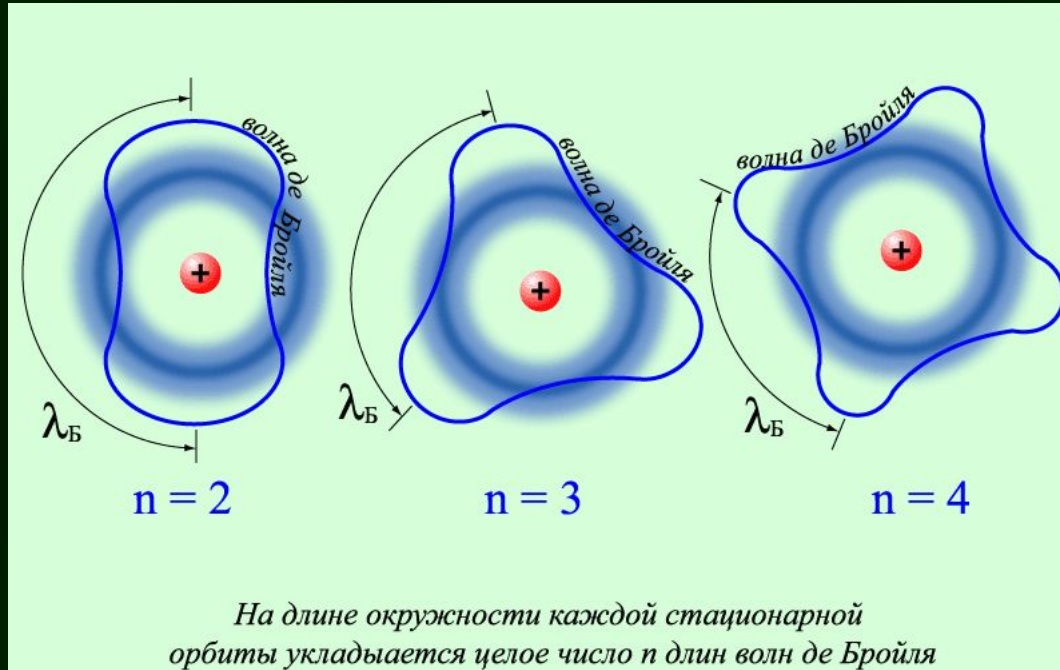
$$\psi(\mathbf{r}, t) = \exp\left[i(\omega t - \mathbf{k}\mathbf{r})\right] = \exp\left[\frac{i}{\hbar}(Et - \mathbf{p}\mathbf{r})\right]$$

Нобелевская премия 1929

Г.

Боровские орбиты

Стационарная орбита \Leftrightarrow стоячая волна



$$2\pi r / \lambda = n \quad L = rp \quad L = n\hbar$$

Волновая функция

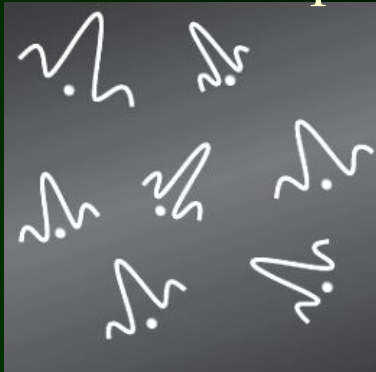
1926 г. Макс Борн

Квадрат модуля волновой функции определяет вероятность обнаружения частицы в данном состоянии.

$$dP = A |\psi(\mathbf{r}, t)|^2 dV = A \psi \psi^* dV$$

Условие нормировки

$$\int |\psi|^2 dV = 1$$



$$v_{\phi} = \frac{E}{p}$$

$$u = \frac{dE}{dp}$$

Нобелевская премия 1954 г.

$$E = p^2/2m$$

$$u = dE/dp = p/m = v$$

$$E = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4} = mc^2$$

$$u = \frac{c^2 p}{E}$$

$$u v_{\phi} = c^2$$

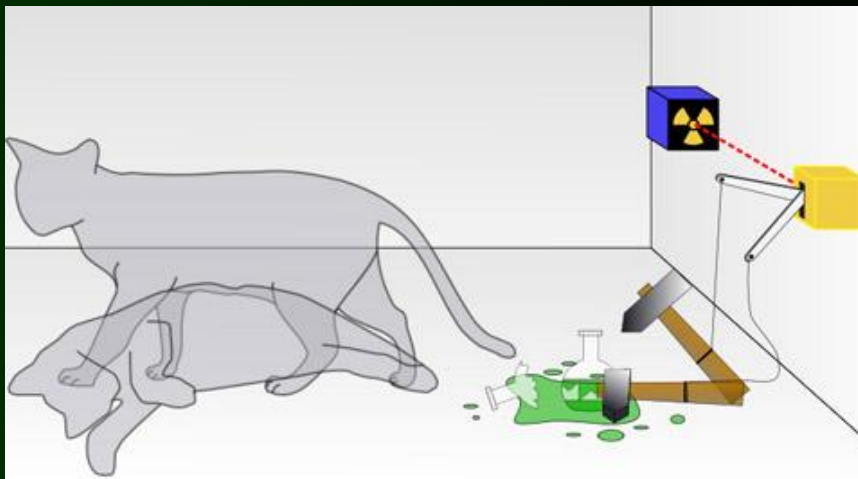
Принцип суперпозиции

Если частица может находиться в квантовом состоянии, описываемом волновой функцией ψ_1 , а также в другом квантовом состоянии, описываемом волновой функцией ψ_2 , то эта частица может также находиться в состоянии, описываемом волновой функцией $\psi = C_1 \psi_1 + C_2 \psi_2$

Величина $|C_i|^2$ определяет вероятность того, что при измерении, проведенном над системой с волновой функцией ψ , мы обнаружим ее в квантовом состоянии, описываемом волновой функцией ψ_i .

Куда движется частица с волновой функцией

$$\psi(x, y, t) = \left(C_1 e^{\frac{i}{\hbar} p_x x} + C_2 e^{\frac{i}{\hbar} p_y y} \right) e^{-\frac{i}{\hbar} E t}$$



Кот Шредингера

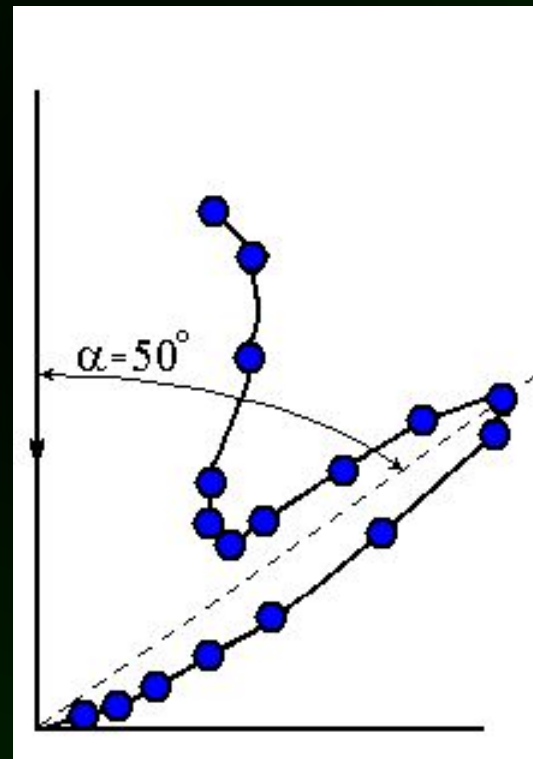
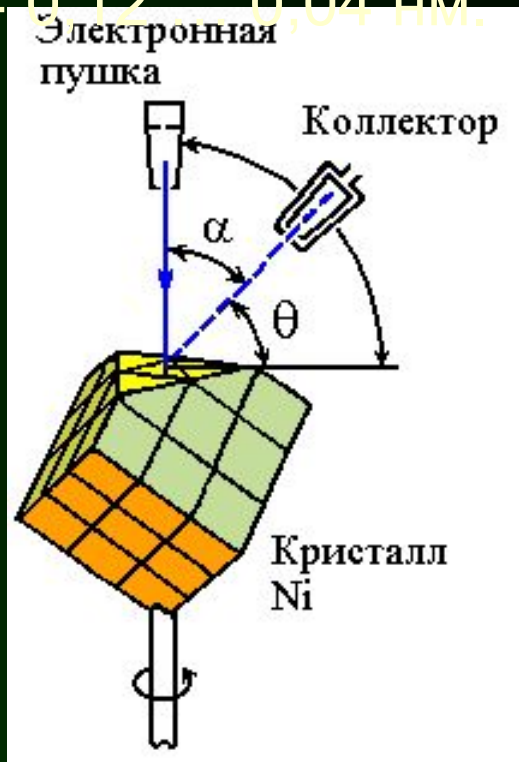
Опыты Дэвиссона и Джермера

$$p = \sqrt{2m_e eU} \quad \lambda_e = 2\pi\hbar / \sqrt{2m_e eU}$$

$$U = 100 \dots 1000 \text{ В} \Rightarrow$$

$$\lambda_e = 0,12 \dots 0,04 \text{ нм.}$$

1927 г.



$$U = 54 \text{ В}$$

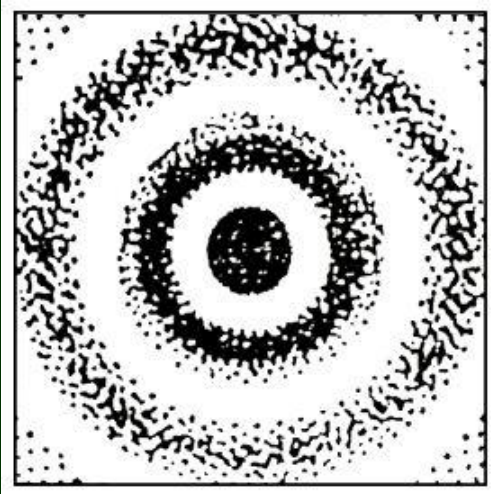
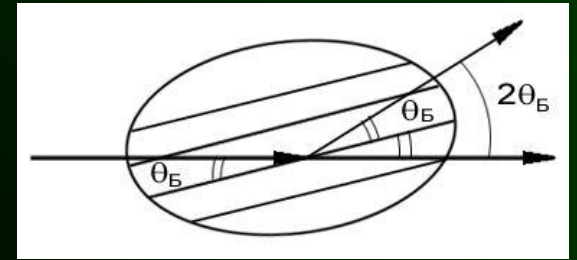
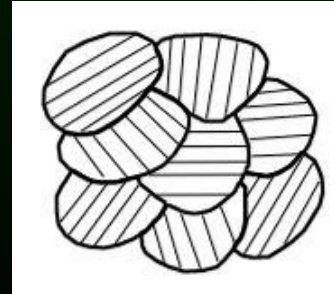
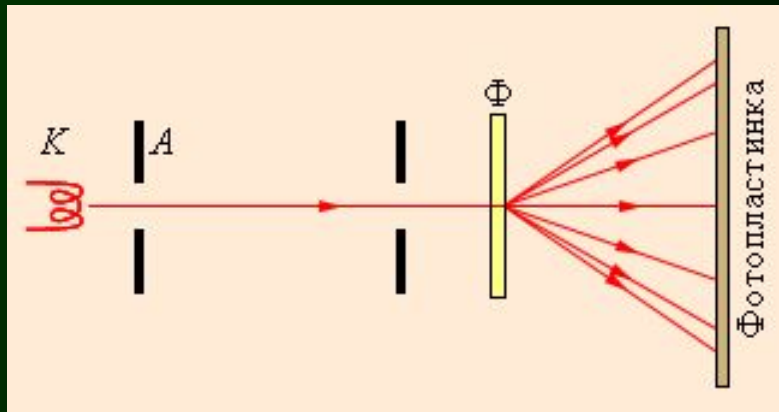
$$\lambda = 0,167 \text{ нм}$$

$$d = 0,215 \text{ нм}$$

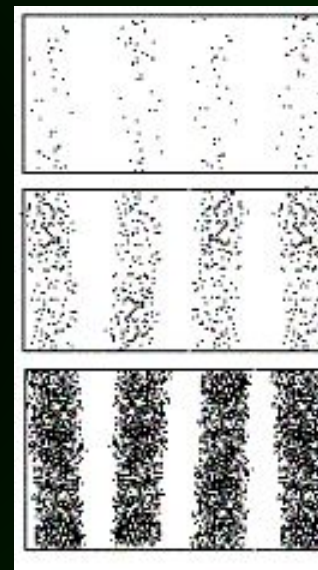
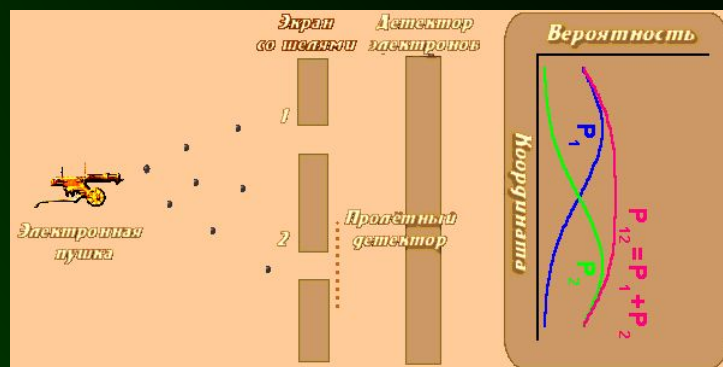
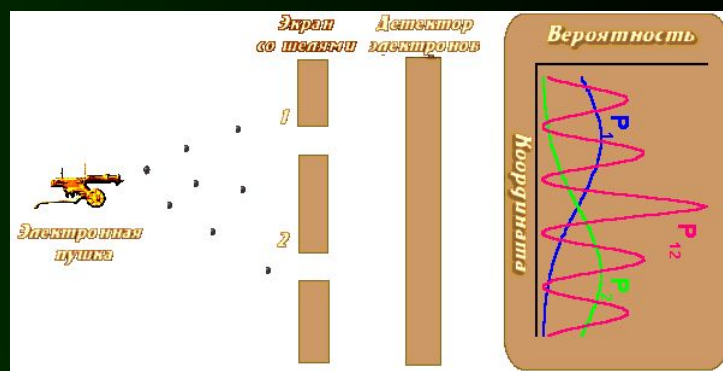
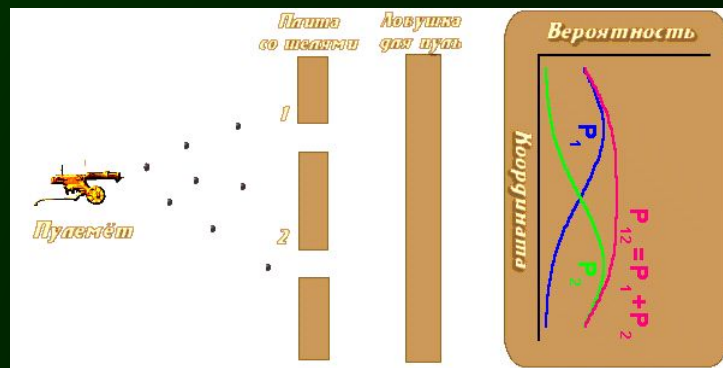
Нобелевская премия 1937

г.

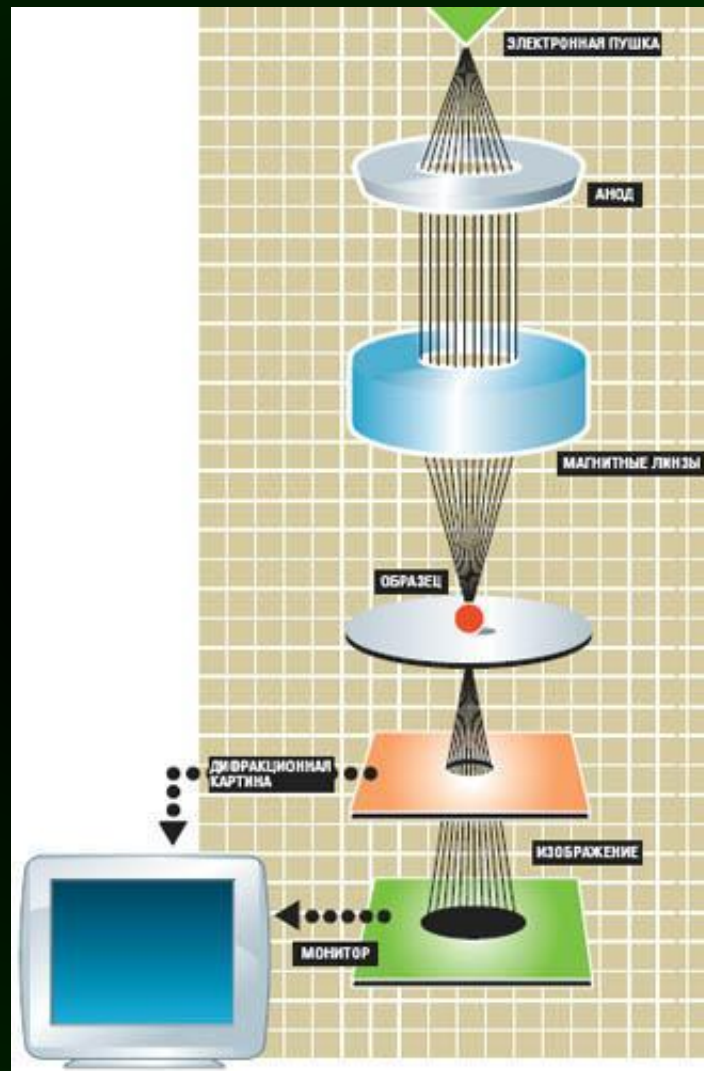
Опыты Томсона



Опыт с двумя щелями

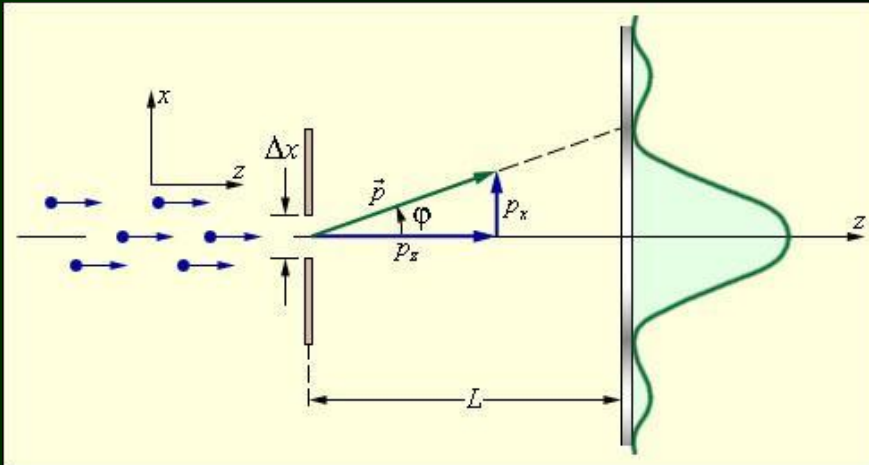


Электронный микроскоп



Принцип неопределенности

Вернер Гейзенберг, 1927 г.



$$\sin \varphi = \Delta p_x / p = \lambda / \Delta x$$

$$\Delta x \Delta p_x \approx 2\pi \hbar$$

$$\Delta t \Delta E \approx 2\pi \hbar$$

1928 г. **Н. Бор** выдвинул **принцип дополнительности**, в соответствии с которым описание состояния в квантовой механике распадается на два взаимоисключающих класса, совокупность которых могла бы дать в классическом понимании полное описание системы.

Нобелевская премия 1932

Г.