

# ***КОРПУСКУЛЯРНО- ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ МИКРОЧАСТИЦ***

Лекция № 13

*(Для студентов элитного  
отделения ЭТО –II)*

# Содержание лекции

- ◆ 1. Гипотеза де Бройля.
- ◆ 2. Фазовая и групповая скорость волн де Бройля
- ◆ 2. Опыты, подтверждающие волновую природу микрочастиц
- ◆ 3. Прохождение электрона через две щели. Волновая функция
- ◆ 4. Соотношение неопределенностей. Следствия
- ◆ 5. Принцип дополнительности

# Гипотеза де Бройля

- ◆ Микрочастицы обладают корпускулярно-волновым дуализмом. Соотношения, отображающие связь волновых и корпускулярных свойств:

$$\varepsilon = h\nu = \hbar\omega = \frac{hc}{\lambda}, \quad p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} = \hbar k.$$

# Плоские волны. Фазовая и скорость волн де Бройля

- ◆ Уравнение плоской волны, связанной с частицей:  $\psi(\vec{r}, t) = Ae^{-\frac{i}{\hbar}(Et - \vec{p}\vec{r})}$
- ◆ Фазовая скорость – это скорость перемещения точки, имеющей постоянную фазу:  $v_{\phi} = \frac{dx}{dt} = \frac{E}{p} = \frac{mc^2}{mv} = \frac{c^2}{v} > c.$
- ◆ Монохрома не существует, фазовая скорость не является скоростью передачи информации

# Групповая скорость волн де Бройля

- ◆ Групповая скорость – это скорость передачи центра группы волн волнового пакета, в виде которого представим частицу:
- ◆ Представление частицы в виде волнового пакета возможно, если волновой пакет не меняет свою форму и ширину. В реальности этого не наблюдается, поэтому представление в виде волнового пакета не состоятельно.

$$v_{\text{гр}} = \frac{d\omega}{dk} = \frac{d(\hbar\omega)}{d(\hbar k)} = \frac{dE}{dp} = v$$

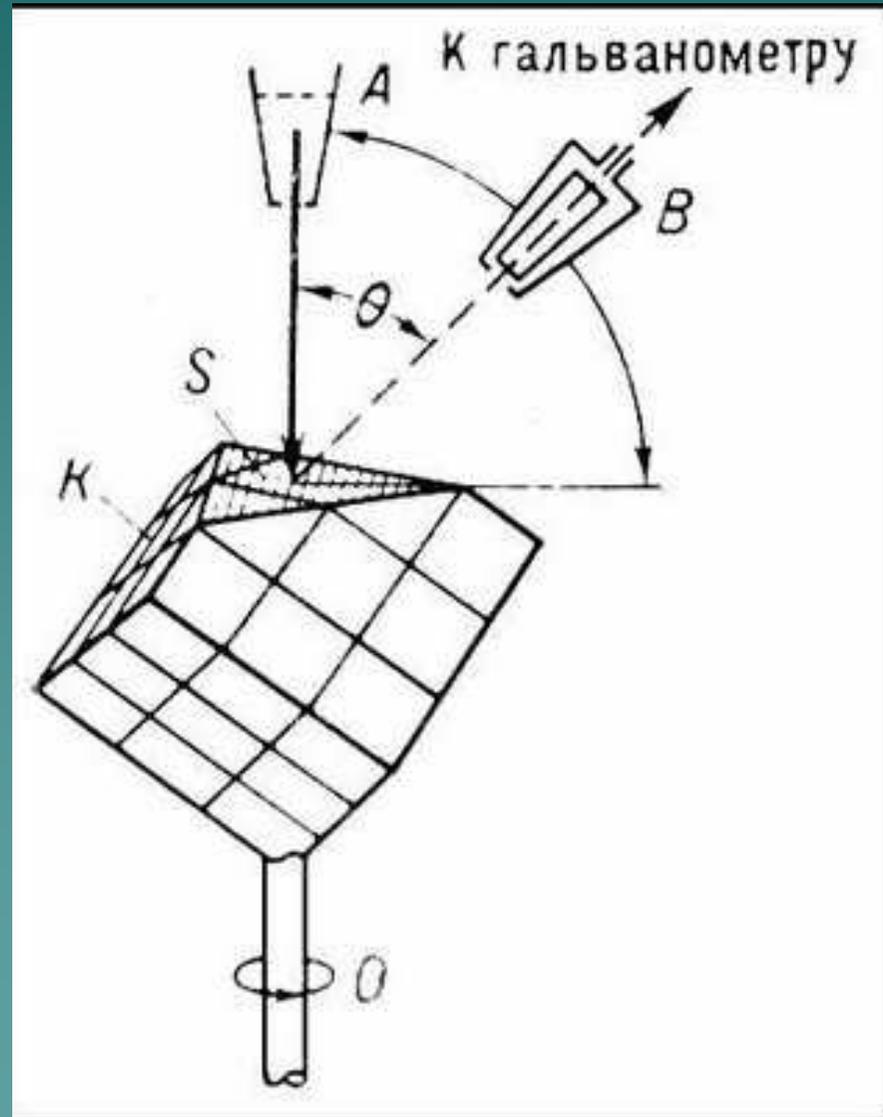
# Герцог (Бройли) Луи де Бройль (1892 -1987)



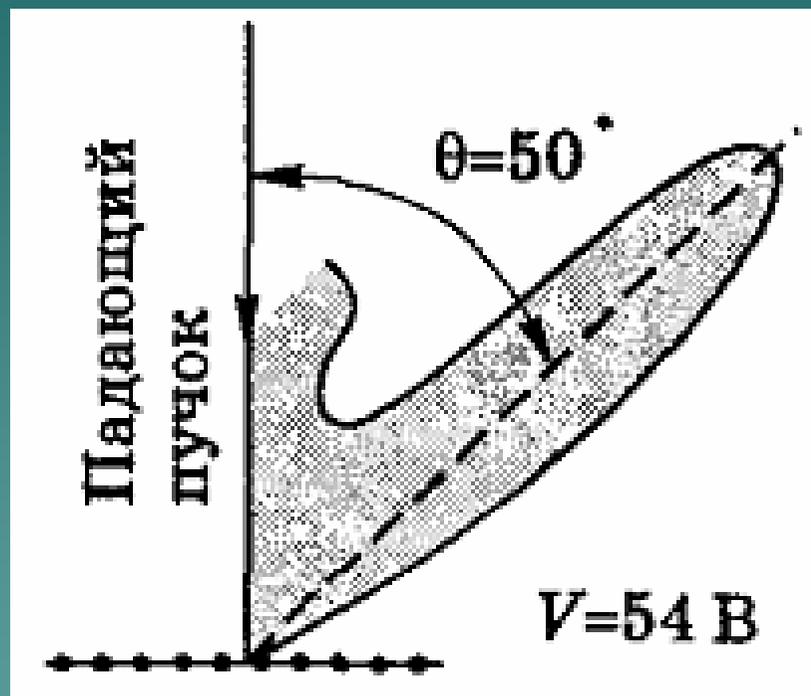
# *Экспериментальное подтверждение волновых свойств микрочастиц*

- ◆ Опыты Дэвиссона и Джермера
- ◆ Опыты Тартаковского и Томсона
- ◆ Опыты Бибермана, Сушкина и Фабриканта

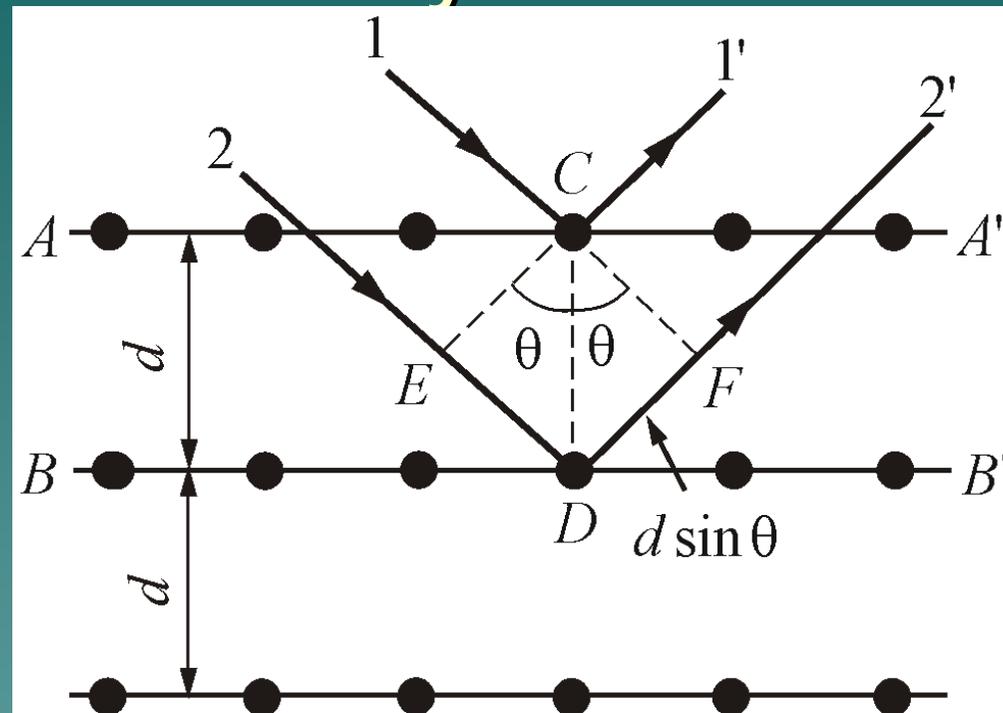
# Опыт Дэвиссона и Джермера



# Зависимость интенсивности отраженного электронного пучка от угла рассеяния



# Дифракция рентгеновского излучения



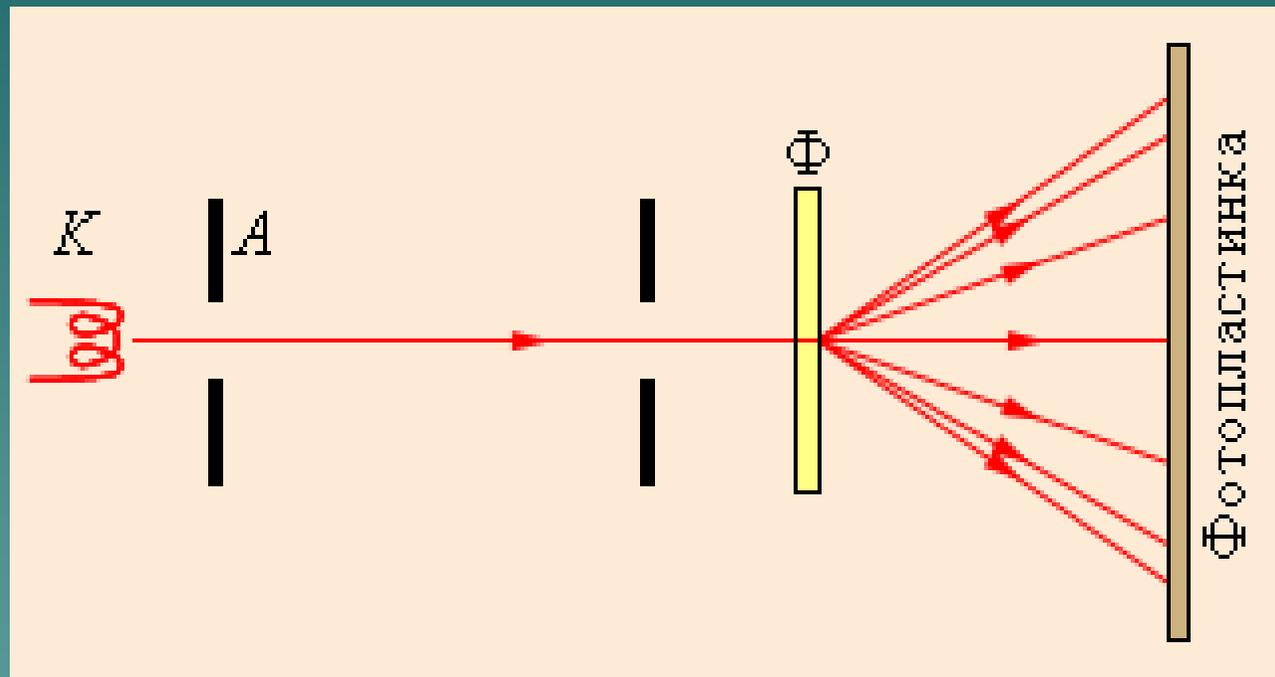
$$2d \sin \theta = k\lambda,$$

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

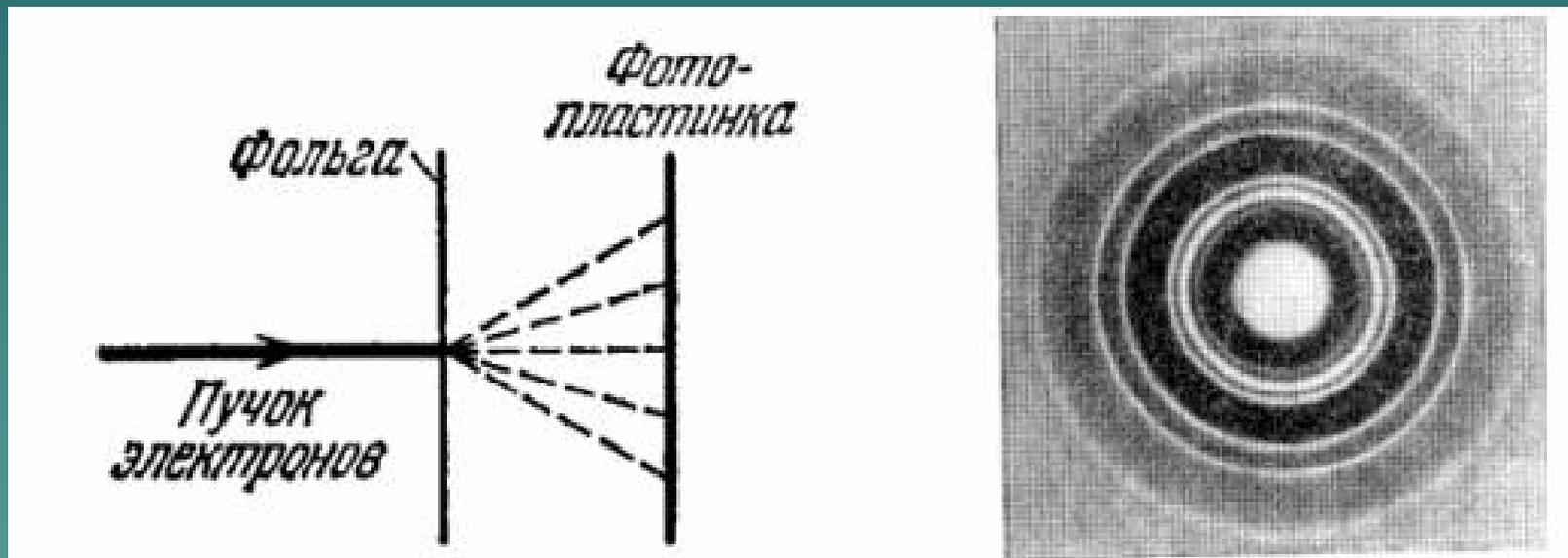
# *Экспериментальное подтверждение волновых свойств микрочастиц*

- ◆ Опыты Тартаковского и Томсона
- ◆ Опыты Бибермана, Сушкина и Фабриканта

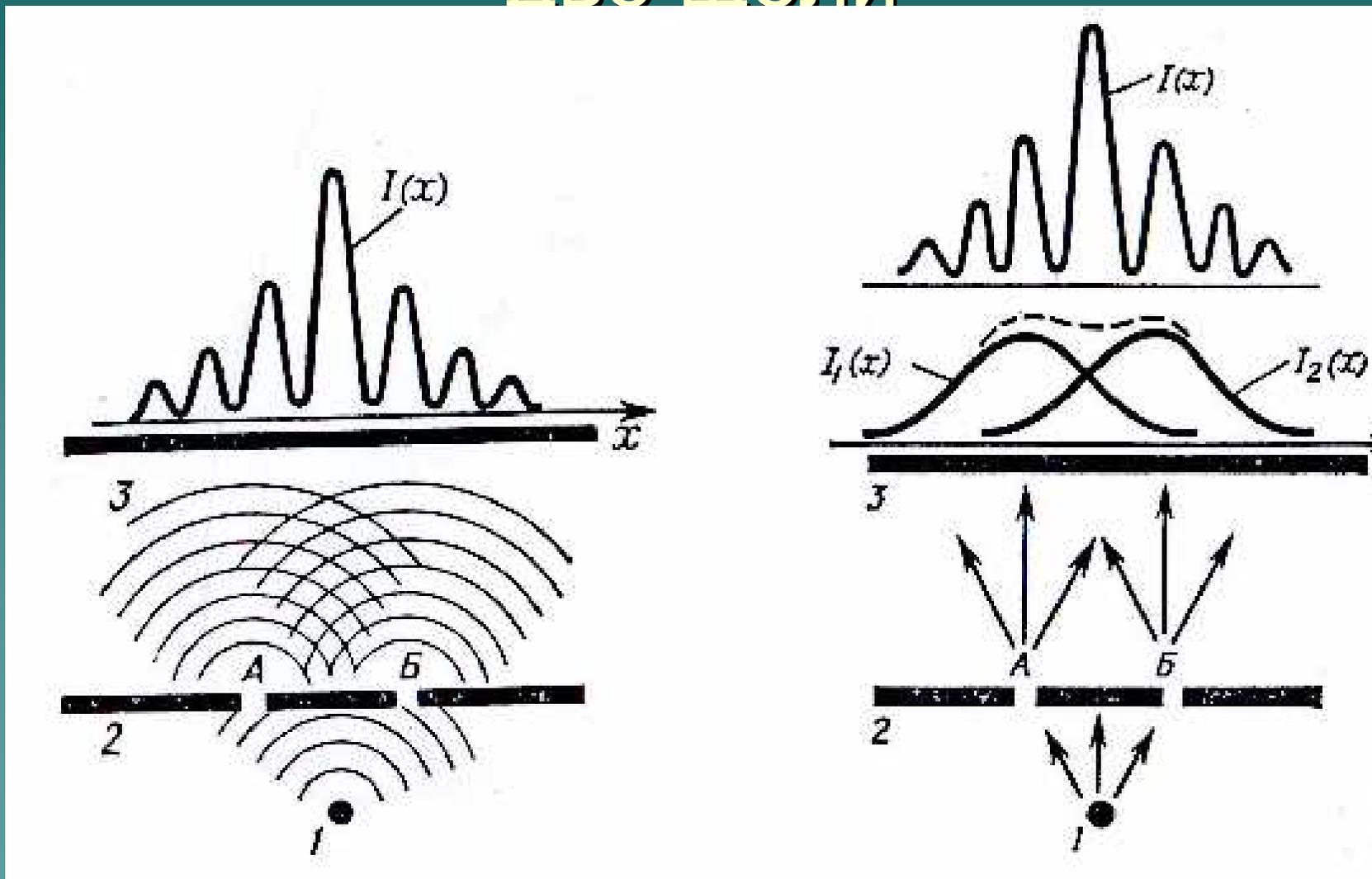
# Схема опыта



# Дифракционная картина



# Прохождение электрона через две щели



# Волновая функция (пси-функция)

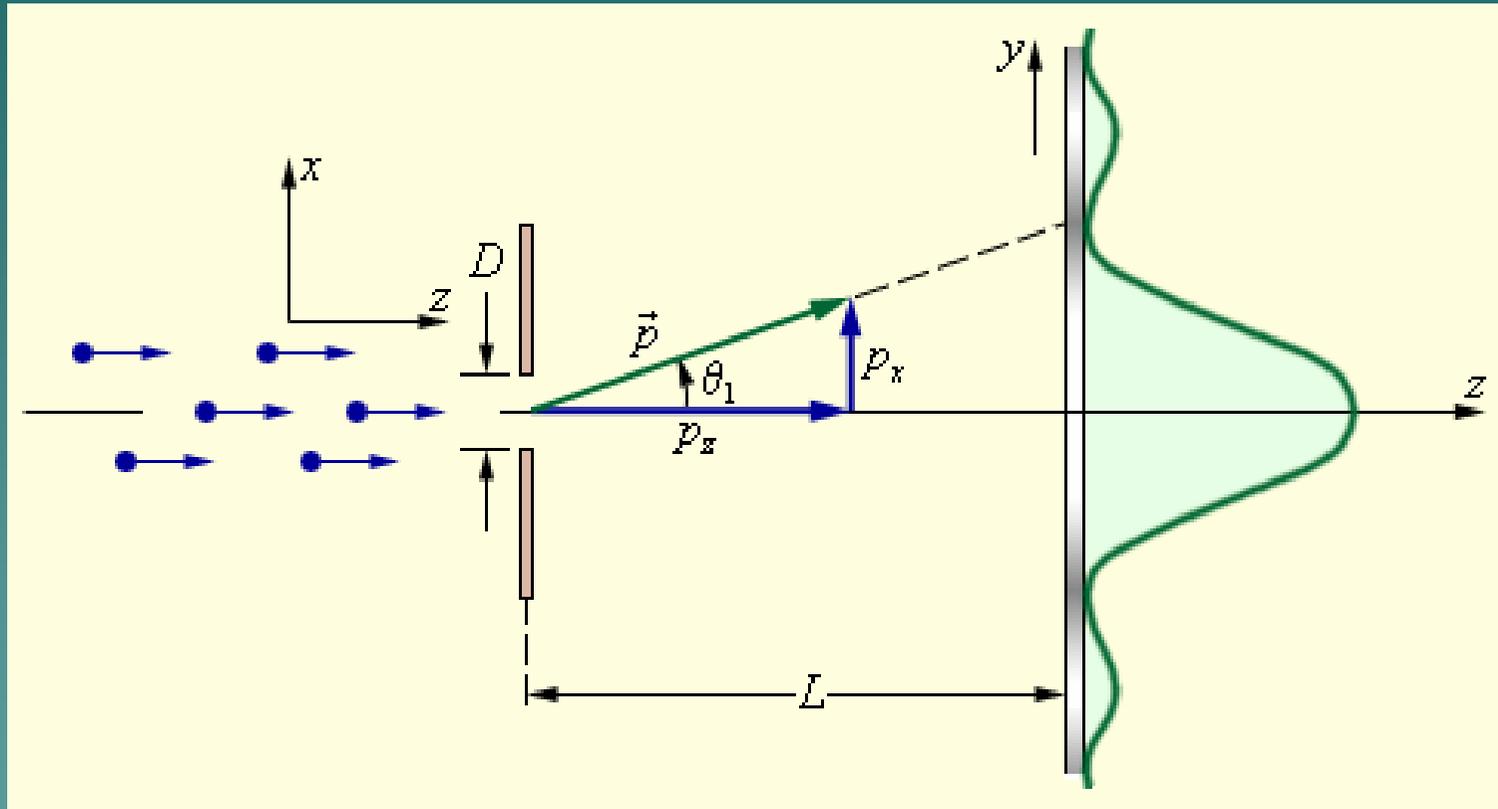
В квантовой механике состояние частицы описывается волновой функцией

$$\psi(\vec{r}, t) = \psi(x, y, z, t)$$

# Вернер Гейзенберг (1901-1976)



# Дифракция на щели



# Соотношение неопределенностей

$$1) \Delta x \Delta p_x \geq \hbar$$

$$2) \Delta y \Delta p_y \geq \hbar$$

$$3) \Delta z \Delta p_z \geq \hbar$$

$$4) \Delta E \Delta t \geq \hbar$$

# Следствия из соотношений неопределённостей

1. Полная энергия имеет вполне определённое значение, но не может быть представлена как сумма вполне определённых значений  $E_{\text{кин}}$  и  $E_{\text{пот}}$
2. В микромире для частиц теряет смысл понятие траектория

# Продолжение

- 3) Частица не может быть неподвижной
- 4) Энергия частицы может быть определена с точностью

$$\Delta E \geq \hbar / \Delta t$$

- 5) Выполняя измерения в микромире, мы вносим возмущения в систему. Точность измерений ограничивается.

# Принцип дополнительности

Получение экспериментальной информации об одних физических величинах, описывающих микрообъект, неизбежно связана с потерей информации о некоторых других ее характеристиках (канонически сопряженных — образующих соотношение неопределенностей)