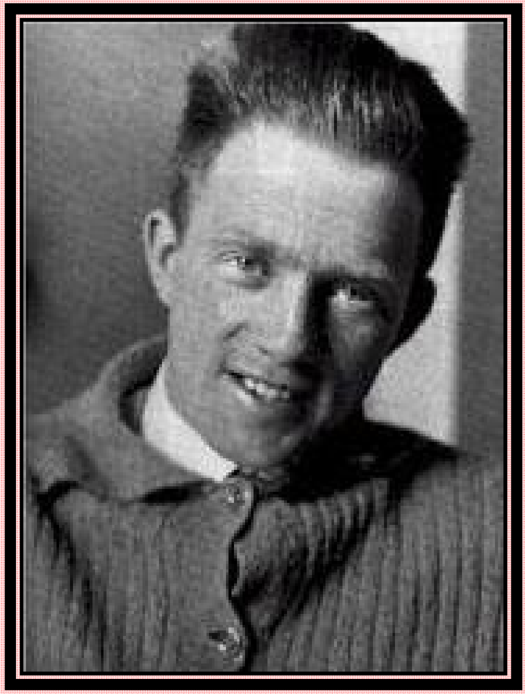
3. Принцип неопределённости Гейзенберга (1927г).



Гейзенберг, Вернер Карл

(1901-1976)

1.

<u>*В микромире любая частица не может иметь одновременно точных значений координат и компонент импульса.*</u> *Неопределенности их значений удовлетворяют соотношениям:*

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar/2$$
$$\Delta y \cdot \Delta p_y \geq \hbar/2$$
$$\Delta z \cdot \Delta p_z \geq \hbar/2$$

<u>*Соотношения неопределенностей Гейзенберга*</u>

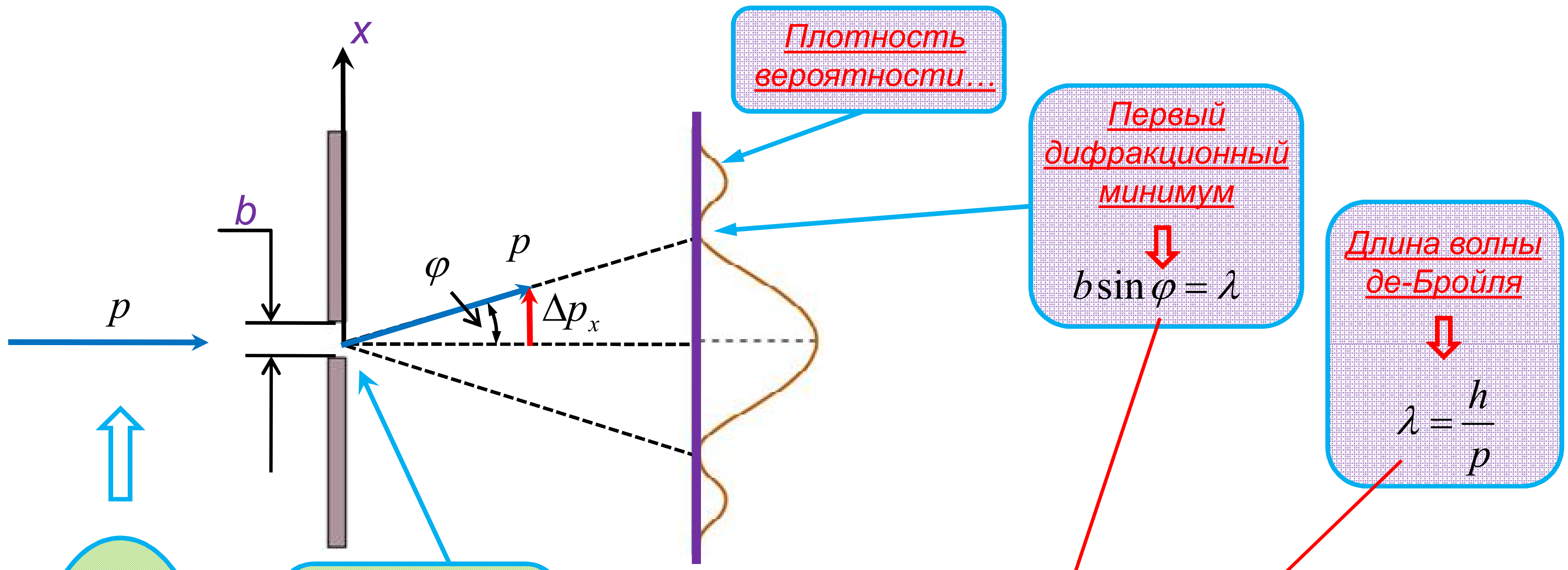
$$\left.\begin{matrix} \Delta x, \Delta p_x \\ \Delta y, \Delta p_y \\ \Delta z, \Delta p_z \end{matrix}\right\}$$

Канонически сопряженные величины

$$\Delta A \cdot \Delta B \geq \hbar/2$$
$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar/2 \quad \ldots\ldots\ldots$$

<u>*Принцип неопределенностей Гейзенберга:*</u> *произведение неопределенностей значений двух сопряженных переменных <u>не может быть</u> по порядку величины <u>меньше</u> постоянной Планка* $\hbar$ *.*

*Определим значение координаты **x** свободно летящей микрочастицы, поставив на ее пути щель шириной **b**, расположенную перпендикулярно к направлению ее движения.*



$$p_x = 0,\quad \Delta p_x = 0,\quad \Delta x = \infty$$

$$\left.\begin{aligned} p_x &\neq 0 \\ \Delta p_x &\sim p\sin\varphi \\ \Delta x &= b \end{aligned}\right\} \Rightarrow \Delta x \Delta p_x \sim bp\sin\varphi = p\lambda = h \Rightarrow \boxed{\Delta x \Delta p_x \sim h}$$

$$\Delta x \Delta p_x \sim h$$

«Локализация» частицы путем сужения щели

$$\Delta x \to 0$$
$$\Delta p_x \to \infty$$

«Расползание» дифракционной картины

$$\Delta p_x \to 0$$
$$\Delta x \to \infty$$

Определенность импульса может быть сохранена путем полной неопределенности координаты (отсутствие щели)

2.

Соотношение неопределенности указывает, в какой мере можно пользоваться понятиями классической механики в отношении к объектам микромира:

$$\boxed{\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar/2}$$

Электрон в модели атома Бора

1. $\Delta x \geq \dfrac{\hbar}{2\Delta p_x} = \dfrac{\hbar}{2m\Delta \upsilon_x}$

2. $\Delta \upsilon_x = 0{,}5\upsilon_x$

3. $\upsilon_x \sim 10^6\ м/с$

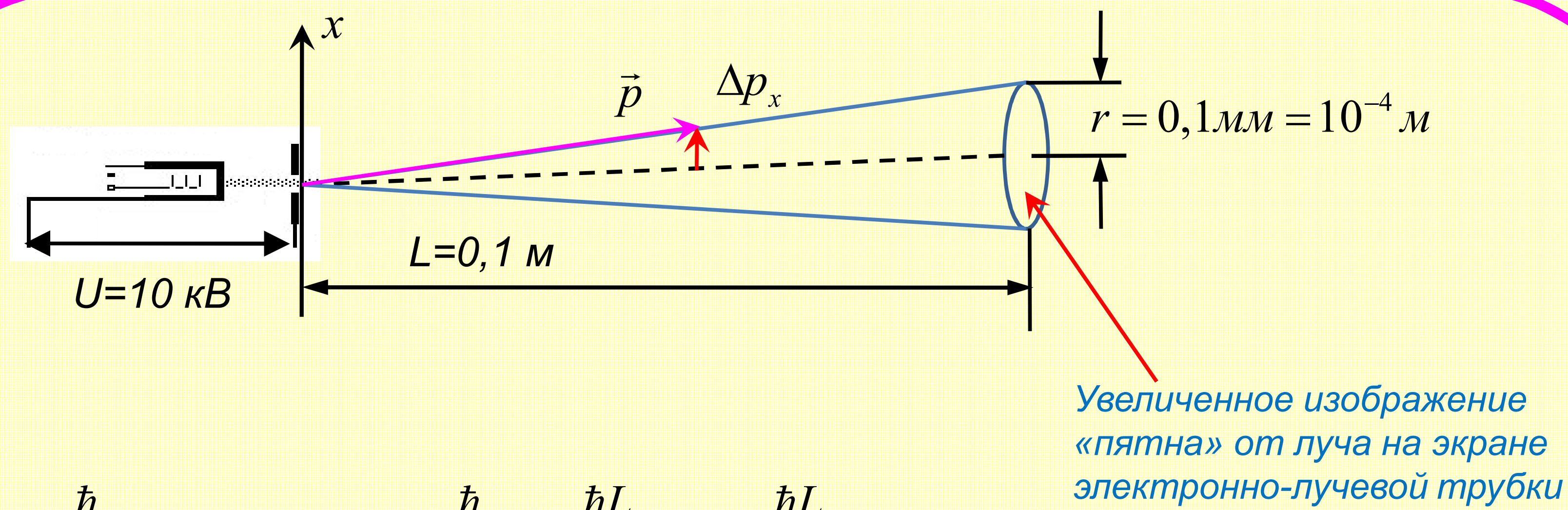
$$\Delta x \geq \frac{\hbar}{2m\Delta \upsilon_x} = \frac{\hbar}{2m0{,}5\upsilon_x} = \frac{h}{m2\pi\upsilon_x} = \frac{6{,}6 \cdot 10^{-34}}{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 3{,}14 \cdot 10^{6}} = 2 \cdot 10^{-10}\, м = 2\,\mathring{A}$$

$$\boxed{\Delta x \geq 2\,\mathring{A}}$$

Неопределенность координаты больше линейных размеров самого атома ~ 1 ангстрем.

Понятие круговой орбиты в атоме Бора теряет смысл.

Движение электрона в электронно-лучевой трубке



$$1.\ \Delta x \geq \frac{\hbar}{2\Delta p_x}$$

$$2.\ \frac{\Delta p_x}{p} = \frac{r}{L}$$

$$3.\ eU = \frac{m\upsilon^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$$

$$\Delta x \geq \frac{\hbar}{2\Delta p_x} = \frac{\hbar L}{2pr} = \frac{\hbar L}{2r\sqrt{2meU}}$$

$$\Delta x \geq \frac{6{,}6 \cdot 10^{-34} \cdot 0{,}1}{2 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 10^{-4}\sqrt{2 \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31} 1{,}6 \cdot 10^{-19} 10^4}} \sim 10^{-9}\, м$$

$$\boxed{\Delta x \geq 10^{-9}\, м << r = 10^{-4}\, м}$$

Волновые свойства электронов можно не учитывать…

Понятие траектории движения электрона в электронно-лучевой трубке имеет смысл.

Пылинка

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar/2$$

$$m = 10^{-12}\,г$$

$$\Delta x = 10^{-6}\,см$$

$$\Delta \upsilon_x \geq \frac{\hbar}{2m\Delta x} = \frac{6{,}6 \cdot 10^{-34}}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 2 \cdot 10^{-15} \cdot 10^{-8}} \approx 0{,}5 \cdot 10^{-11}\ м/с$$

Пылинка – большая; масса у нее большая; она объект макромира и к ней применимы законы классической физики !!!