

## Билет 17

### 1. Уравнение Шредингера для атома водорода.

#### Квантовые числа и их физический смысл.

Потенциальная энергия взаимодействия электрона с ядром, обладающим зарядом  $Ze$  (для атома водорода  $Z=1$ )

где  $r$  – расстояние между электроном и ядром

$$U(r) = -\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Состояние электрона в атоме водорода описывается волновой функцией  $\psi$ , удовлетворяющей стационарному **уравнению Шредингера**, учитывающие значение  $U(r)$ :

$$\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E + \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) \psi = 0$$

$m$  – масса электрона,  $E$  – полная энергия электрона в

$m$  – масса электрона,  $E$  – полная энергия электрона в атоме.

В квантовой механике доказывается, что уравнению Шредингера удовлетворяют собственные функции  $\psi_{nlm}(r, \theta, \varphi)$ , определяемые 3 квантовыми числами: главным  $n$ , орбитальным  $l$  и магнитным  $m_l$ . **Главное квантовое число**  $n$  определяет энергетические уровни электрона в атоме и может принимать любые целочисленные значения  $n=1, 2, 3, \dots$ . **Орбитальное квантовое число**  $l$ , при заданном  $n$  принимает значения  $l=0, 1, \dots, (n-1)$  т.е. всего  $n$  значений и определяет момент импульса электрона в атоме. **Магнитное квантовое число**  $m_l$ , при заданном  $l$  может принимать значения  $m_l=0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$ , т.е. всего  $2l+1$  значений. Т.о. магнитное квантовое число определяет проекцию

магнитное квантовое число определяет проекцию момента импульса на заданное направление, причем вектор момента импульса электрона в атоме может иметь в пространстве  $2l+1$  ориентаций. Квантовые числа  $n$  и  $l$  характеризуют размер и форму электронного облака, а квантовое число  $m_l$  характеризует ориентацию электронного облака в пространстве.

### **Билет 17**

## **2. Эффект Холла в полупроводниках, его практическое применение.**

Эффект Холла – возникновение в полупроводнике с током плотностью  $j$ , помещенному в магнитное поле  $B$ , электрического поля в направлении, перпендикулярном  $B$  и  $j$ .

перпендикулярном  $\mathbf{B}$  и  $\mathbf{j}$ .

При данном направлении  $\mathbf{j}$  скорость носителей тока направлена справа налево. Электроны испытывают действие силы Лоренца, которая в данном случае направлена вверх. Т.о. у верхнего края пластины возникнет повышенная концентрация электронов (от зарядится отрицательно), а у нижнего – их недостаток (зарядится положительно). В результате этого между краями пластинки возникнет дополнительное поперечное электрическое поле, направленное снизу вверх. Когда напряженность  $E_B$  этого поперечного поля достигнет токай величины, что его действие на заряды будет

величины, что его действие на заряды будет уравновешивать силу Лоренца, то установится стационарное распределение зарядов в поперечном направлении. Тогда

$$eE_B = e\Delta\varphi/a = evVB \text{ или } \Delta\varphi = vBa$$

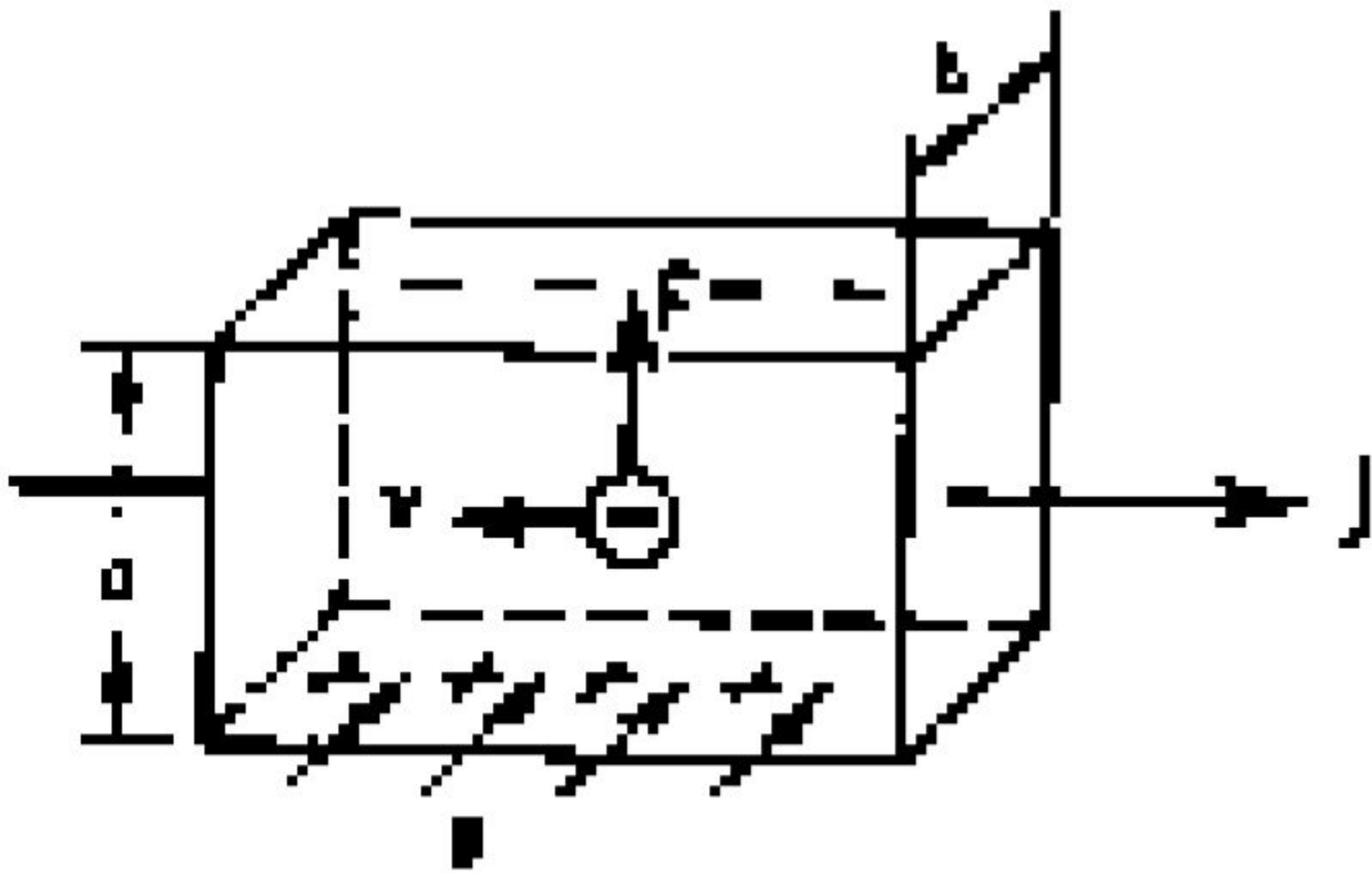
где  $a$  – ширина пластинки,  $\Delta\varphi$  – поперечная (холловская) разность потенциалов. Учитывая что сила тока  $I = jS$  ( $S$  – площадь поперечного сечения пластинки толщиной  $d$ ,  $n$  – концентрация электронов,  $v$  – средняя скорость упорядоченного движения электронов), получим

$$\Delta\varphi = \frac{I}{nead} Ba = \frac{1}{en} \frac{IB}{d} = R \frac{IB}{d}$$

т.е. холловская поперечная разность

т.е. холловская поперечная разность потенциалов прямо пропорциональна магнитной индукции  $B$ , силе тока  $I$  и обратно пропорциональна толщине пластики  $d$ .  $R=1/(en)$  – постоянная Холла, зависящая от вещества. По измеренному значению постоянной Холла можно: 1) определить концентрацию носителей тока в полупроводнике, 2) судить о природе проводимости полупроводников, т.к. знак постоянной Холла совпадает со знаком заряда  $e$  носителей тока. Эффект Холла применяется для изучения энергетического спектра носителей тока в полупроводниках, для умножения постоянных токов в аналоговых

применяется для изучения энергетического спектра носителей тока в полупроводниках, для умножения постоянных токов в аналоговых вычислительных машинах, в измерительной технике (датчик Холла) и т.д.





Задание 2 (17)

Минимальные размеры атома водорода составляют величину  $10^{-10}$  м. Используя соотношение неопределенности минимальную кинетическую энергию  $E_k$

Дано:

$$L = 10^{-10} \text{ м}$$

$$E_{k \min} = ?$$

Решение:

$$E_{k \min} = \frac{p_{\min}^2}{2m}$$

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta x \approx \frac{L}{2}$$

$$\Delta p_x = p_{\min} = \frac{\hbar}{L}$$

$$\Rightarrow E_{k \min} = \frac{\hbar^2}{L^2 \cdot 2m} = \frac{(1,054 \cdot 10^{-34})^2}{10^{-20} \cdot 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}$$