

## Билет 20

### 1. Собственный механический и магнитный момент электрона. Опыт Штерна и Герлаха.

Электрон обладает собственным механическим моментом импульса  $L_s$ , называемым спином. Спин является неотъемлемым свойством электрона, подобно его заряду и массе. Спину электрона соответствует собственный магнитный момент  $P_s$ , пропорциональный  $L_s$  и направленный в противоположную сторону:  $P_s = g_s L_s$ ,  $g_s$  – гиромагнитное отношение спиновых моментов. Проекция собственного магнитного момента на направление вектора  $B$ :  $P_{sB} = \pm e \hbar / 2m = \pm \mu_B$ , где  $\hbar = h/2\pi$ ,  $\mu_B$  – магнетон Бора. Общий магнитный момент атома  $p_a$  – векторной сумме магнитных моментов входящих в атом электрона:  $P_a = \sum p_m + \sum p_{ms}$ . Опыт Штерна и Герлаха. Проводя измерения магнитных моментов они обнаружили, что узкий пучок



измерения магнитных моментов они обнаружили, что узкий пучок атомов водорода в неоднородном магнитном поле расщепляется на 2 пучка. Хотя в этом состоянии (Атомы находились в S состоянии) момент импульса электрона равен 0, а так же магнитный момент атома равен 0, поэтому магнитное поле не оказывает влияние на движение атома водорода, то есть расщепления быть не должно. Однако, дальнейшие исследования показали что спектральные линии атомов водорода обнаруживают такую структуру даже в отсутствие магнитного поля. В последствии было установлено, что такая структура спектральных линий объясняется тем, что электрон обладает собственным неуничтожимым механическим моментом, названным СПИНОМ.

**Билет 20**

**2. Контактные явления в полупроводниках. p-n**



## 2. Контактные явления в полупроводниках. p-n переход, его вольт-амперная характеристика.

Контактные явления в полупроводниках.

Если привести два разных полупроводника в соприкосновение, между ними возникает разность потенциалов, которая называется *контактной*. В результате в окружающем пространстве возникает электрическое поле. Контактная разность потенциалов обусловлена тем, что при соприкосновении поверхностей часть электронов переходит из одного полупроводника в другой.

Внешняя контактная разность потенциалов:

$$U_{12} = \frac{e\varphi_2 - e\varphi_1}{e} = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$U_{12} = \frac{e\varphi_2 - e\varphi_1}{e} = \varphi_2 - \varphi_1$$

Внутренняя разность потенциалов:

$$U'_{12} = \frac{\varepsilon_{F1} - \varepsilon_{F2}}{e}$$

p-n переход, его вольтамперная характеристика.

p-n переход – тонкий слой на границе между двумя областями одного и того же кристалла, отличающимися типом примесной проводимости.

В p-области основные носители тока –



В  $p$ -области основные носители тока – дырки (акцепторы становятся отрицательными ионами).

В  $n$ -области – электроны, отданные донорами в зону проводимости.

Диффундируя во встречных направлениях через пограничный слой, дырки и электроны рекомбинируют друг с другом. → меньше носителей и большое сопротивление  $p$ - $n$ -перехода. Одновременно на границе между областями возникает двойной электрический слой, образованный отрицательными ионами акцепторной примеси, заряд которых не компенсируется дырками, и положительными ионами донорной примеси, заряд которых теперь не компенсируется



примеси, заряд которых теперь не компенсируется электронами.

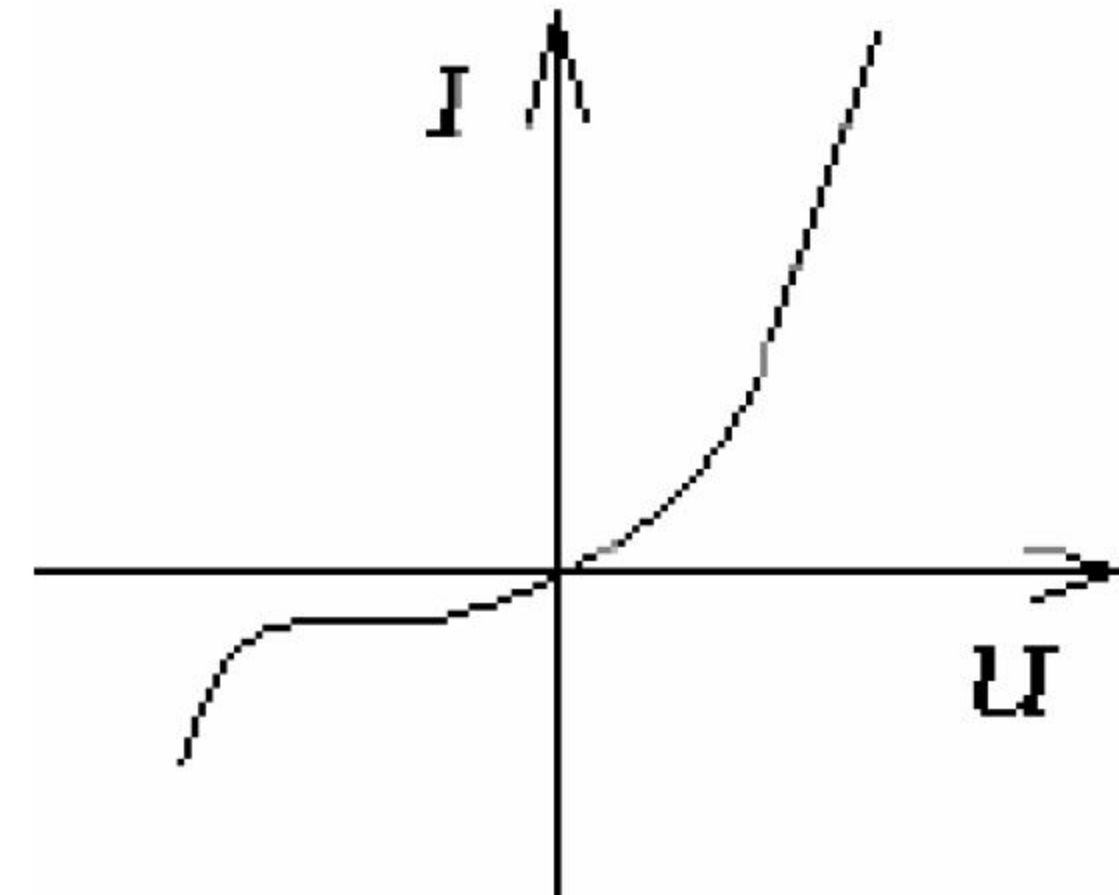
Электрическое поле в этом слое направлено так, что противодействует дальнейшему переходу через слой основных носителей. Равновесие достигается при такой высоте потенциального барьера, при которой уровни Ферми обеих областей располагаются на одинаковой высоте.

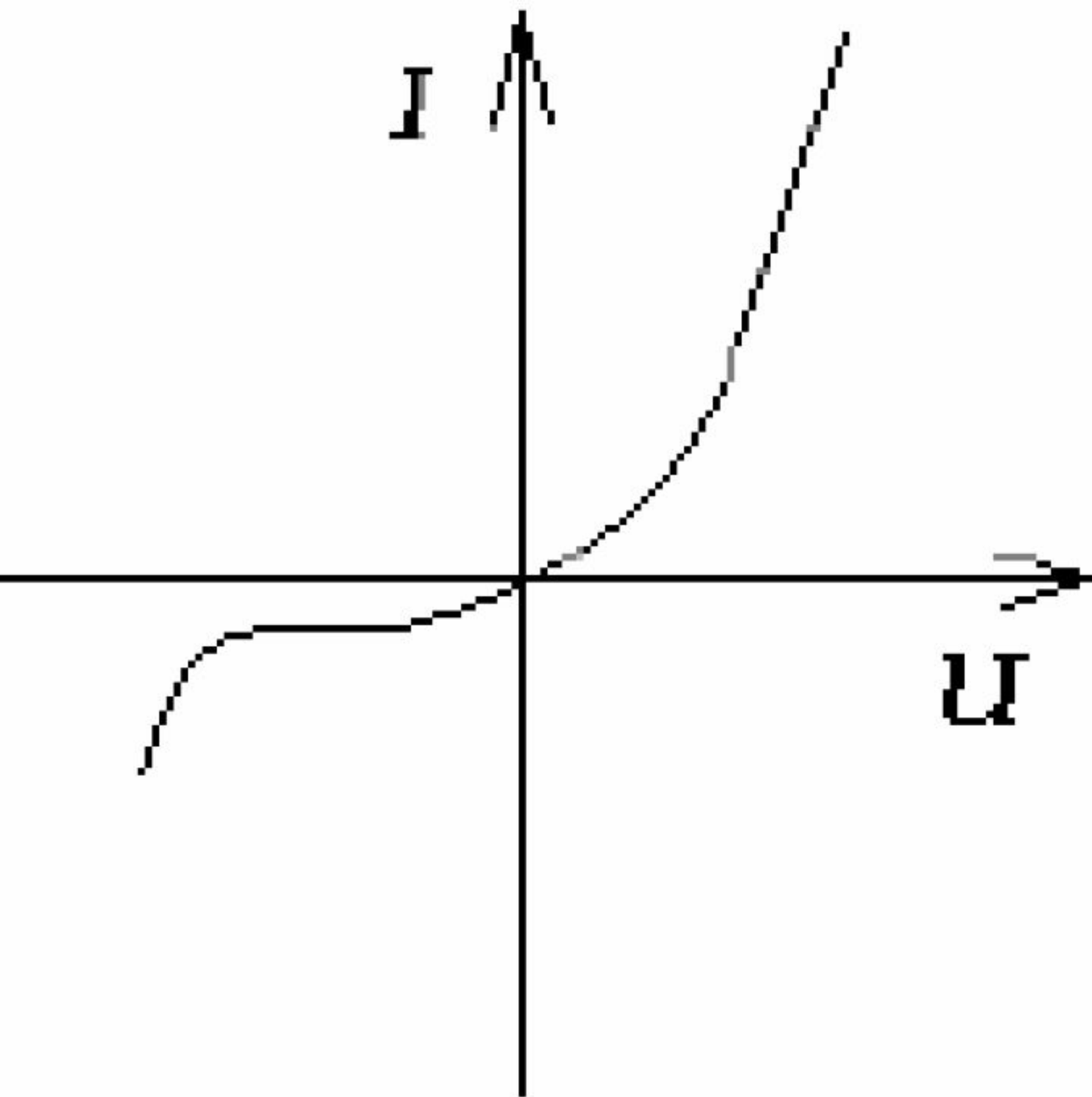
В направлении от  $p$ -области к  $n$ -области  $p$ - $n$ -переход пропускает ток, сила которого быстро нарастает при увеличении приложенного напряжения (прямое направление).

В обратном направлении  $p$ - $n$ -переход обладает гораздо большим сопротивлением, чем в прямом. Поле, возникающее в кристалле при наложении обратного



В обратном направлении р-n-переход обладает гораздо большим сопротивлением, чем в прямом. Поле, возникающее в кристалле при наложении обратного напряжения, «оттягивает» основные носители от границы между областями, что приводит к возрастанию ширины переходного слоя, обедненного носителями.





ВАХ р-п-перехода



Бусует 20

Частица находится в односторонней потенциальной яме шириной  $a$  с бесконечно высокой стенкой или во второй возбужденной состоянии. определите вероятность обнаружения частицы в интервале  $1/3a$ , равноудаленном от стенок ямы.

Дано:

$$x \in \left[ \frac{a}{3}, \frac{2a}{3} \right]$$

р. ?

Решение:

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{n\pi x}{a}$$

$2a/3$

$n=3$  (т.к. вторая возб. сост.)



Дано:

$$x \in \left[ \frac{a}{3}, \frac{2a}{3} \right]$$

$\rho = ?$

Решение:

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{n\pi x}{a}$$

$n=3$  (т.к. второе  
возм. осци)

$2a/3$

$$\rho = \int_{a/3}^{2a/3} |\psi(x)|^2 dx =$$

$2a/3$

$a/3$

$$= \int_{a/3}^{2a/3} \frac{2}{a} \sin^2 \left( \frac{3\pi x}{a} \right) dx = \frac{x}{a} - \frac{\sin \left( \frac{6\pi x}{a} \right)}{6\pi} \Big|_{\frac{a}{3}}^{\frac{2a}{3}}$$

$$= \frac{1}{3}$$