

Билет 9.

1. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.

Рассмотрим простейший потенциальный барьер прямоугольной формы. Для одномерного (по оси x) движения частицы.

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & x < 0 & \text{(для области 1)} \\ 0, & 0 \leq x \leq 1 & \text{(для области 2)} \\ 0, & x > 1 & \text{(для области 3)} \end{cases}$$

где l —ширина ямы, а энергия отсчитывается от ее дна, U —высота. Частица, обладая энергией E , либо беспрепятственно пройдет над барьером (при $E > U$), либо отразится от него (при $E < U$) и будет двигаться в обратную сторону. Для микрочастица,

двигаться в обратную сторону. Для микрочастица, даже при $E > U$, имеется вероятность отражения от барьера, и при $E < U$ есть вероятность проникновения через барьер. Это следует из решения уравнения Шредингера, описывающего движение микрочастицы

$$\frac{\partial^2 \psi_{1,3}}{\partial x^2} + k^2 \psi_{1,3} = 0 \qquad \frac{\partial^2 \psi_2}{\partial x^2} + q^2 \psi_2 = 0$$

для областей 1 и 3 $k^2 = 2mE/\hbar^2$; для области 2 $q^2 = 2m(E-U)/\hbar^2$

Общие решения этих диф. уравнений:

$\Psi_1(x) = A_1 e^{ikx} + B_1 e^{-ikx}$ (для области 1) ; $\Psi_2(x) = A_2 e^{iqx} + B_2 e^{-iqx}$ (для области 2) $\Psi_3(x) = A_3 e^{ikx} + B_3 e^{-ikx}$ (для области 3) .

В частности, для области 1 полная волновая, будет иметь вид $\psi_1(x, t) = \psi_1(x) e^{-(i/\hbar)Et} = A_1 e^{-(i/\hbar)(Et -$

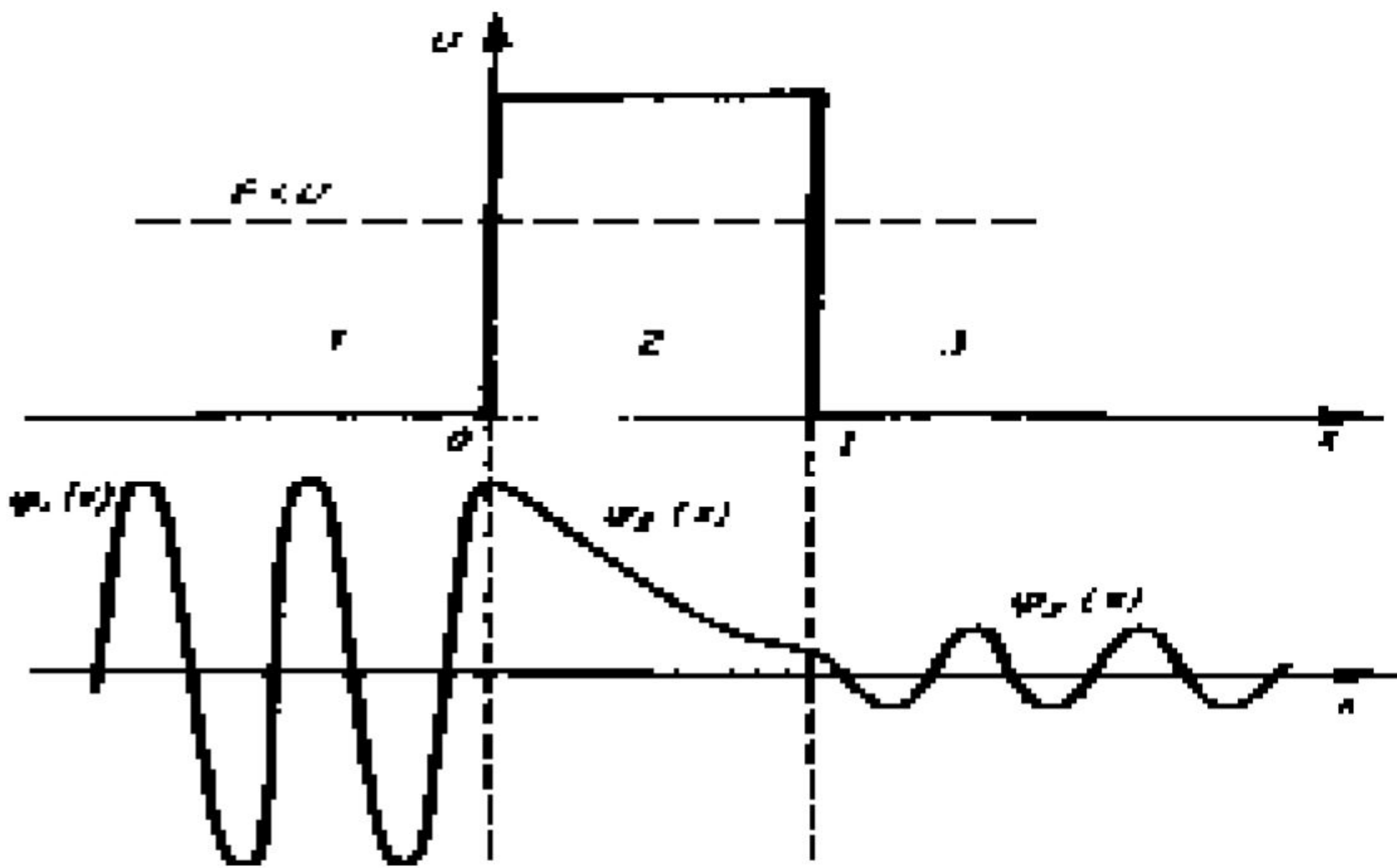
будет иметь вид $\psi_1(x, t) = \psi_1(x) e^{-(i/\hbar)Et} = A_1 e^{-(i/\hbar)(Et - px)} + B_1 e^{-(i/\hbar)(Et + px)}$ (в этом выражении первый член представляет собой плоскую волну вдоль x , другой – волну, распространяющаяся в обратную сторону). В области 3 есть только прошедшая сквозь барьер волна и поэтому $B_3 = 0$. Для области 2 $q = i\beta$; $\beta = \sqrt{2m(E - U)}/\hbar$.

Получили $\Psi_1(x) = A_1 e^{ikx} + B_1 e^{-ikx}$, $\Psi_2(x) = A_2 e^{-\beta x} + B_2 e^{\beta x}$, $\Psi_3(x) = A_3 e^{ikx}$

Качественный характер функций $\psi_1(x)$, $\psi_2(x)$, $\psi_3(x)$ (см. рис 2), откуда следует, что волновая функция не равна нулю и внутри барьера, а в области 3, если барьер не очень широк, будет опять иметь вид волн де Бройля с тем же импульсом, т.е. с той же частотой, но с меньшей

опять иметь вид волн де Бройля с тем же импульсом, т.е. с той же частотой, но с меньшей амплитудой. Т.о. приходим к явлению – туннельный эффект, когда микрочастица может пройти сквозь потенциальный барьер.





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:

Внешняя контактная разность потенциалов:

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

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.

проводимости.

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

донорной примеси, заряд которых теперь не компенсируется электронами.

Электрическое поле в этом слое направлено так, что противодействует дальнейшему переходу через слой

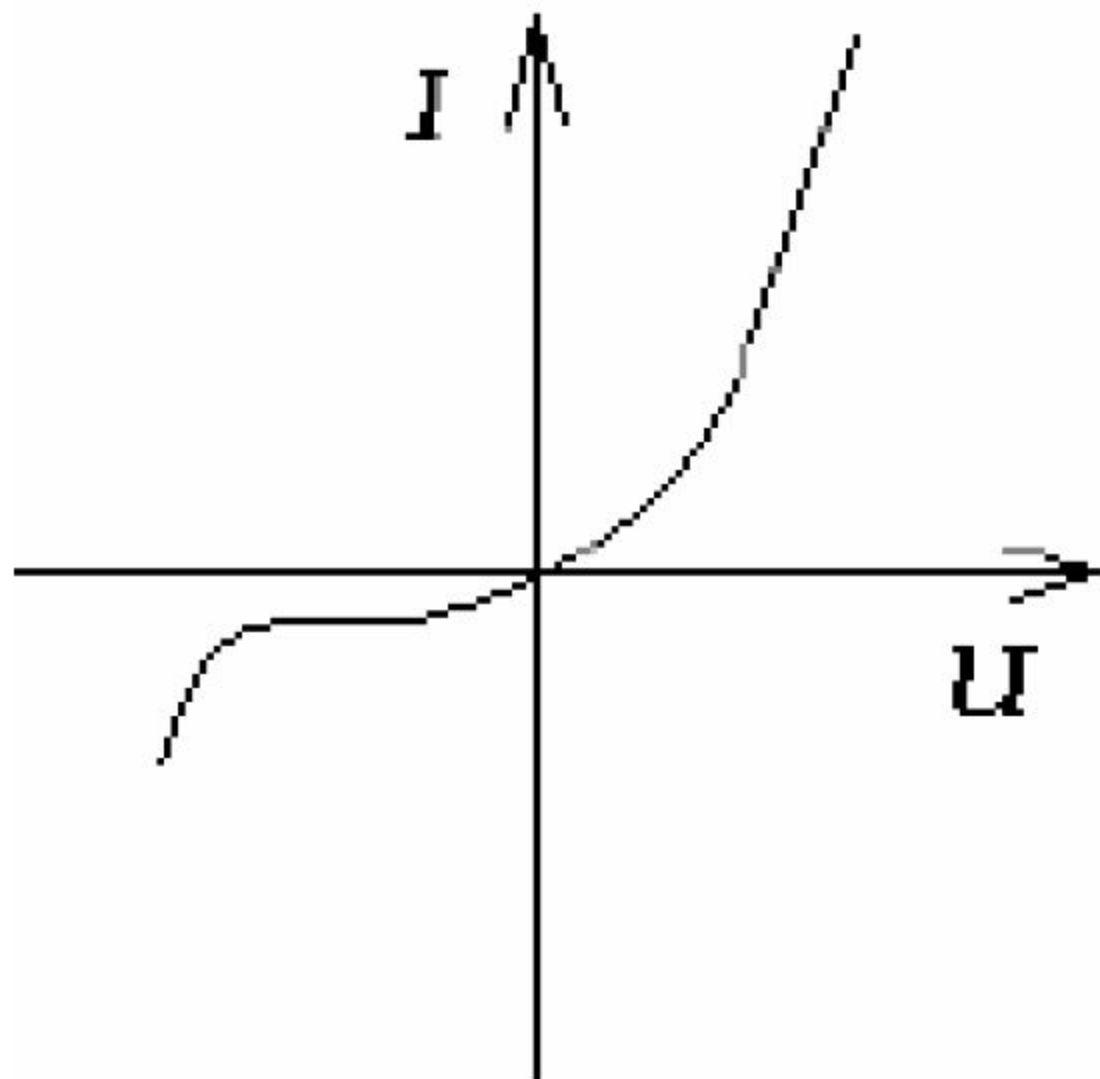
основных носителей. Равновесие достигается при такой высоте потенциального барьера, при которой уровни Ферми обеих областей располагаются на одинаковой высоте.

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

(прямое направление) .

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



ВАХ р-п-перехода

Дшит 9

В кровь человека ввели небольшое количество радио-
вещи, содержащую ^{24}Na с активностью $A = 2,0 \cdot 10^3 \text{ Бк}$,
Активность 1 см^3 через $t = 5,0 \text{ ч}$ оказалась равной
 $A^* = 0,267 \text{ Бк/см}^3$. Период полураспада данного
изотопа $T = 15 \text{ ч}$. Найдите объем крови человека.

Дано:

$$A = 2,0 \cdot 10^3 \text{ Бк}$$

$$A^* = 0,267 \text{ Бк/см}^3$$

$$T = 15 \text{ ч}$$

$$t = 5,0 \text{ ч}$$

$V = ?$

Решение:

$$A^* = \frac{A}{V} = \frac{A_0}{V} e^{-\frac{\ln 2}{T} t}$$

$$V = \frac{A_0}{A^*} e^{-\frac{\ln 2}{T} t} =$$

$$= \frac{A_0}{A^*} 2^{-\frac{t}{T}} = 5,95 \text{ л}$$