

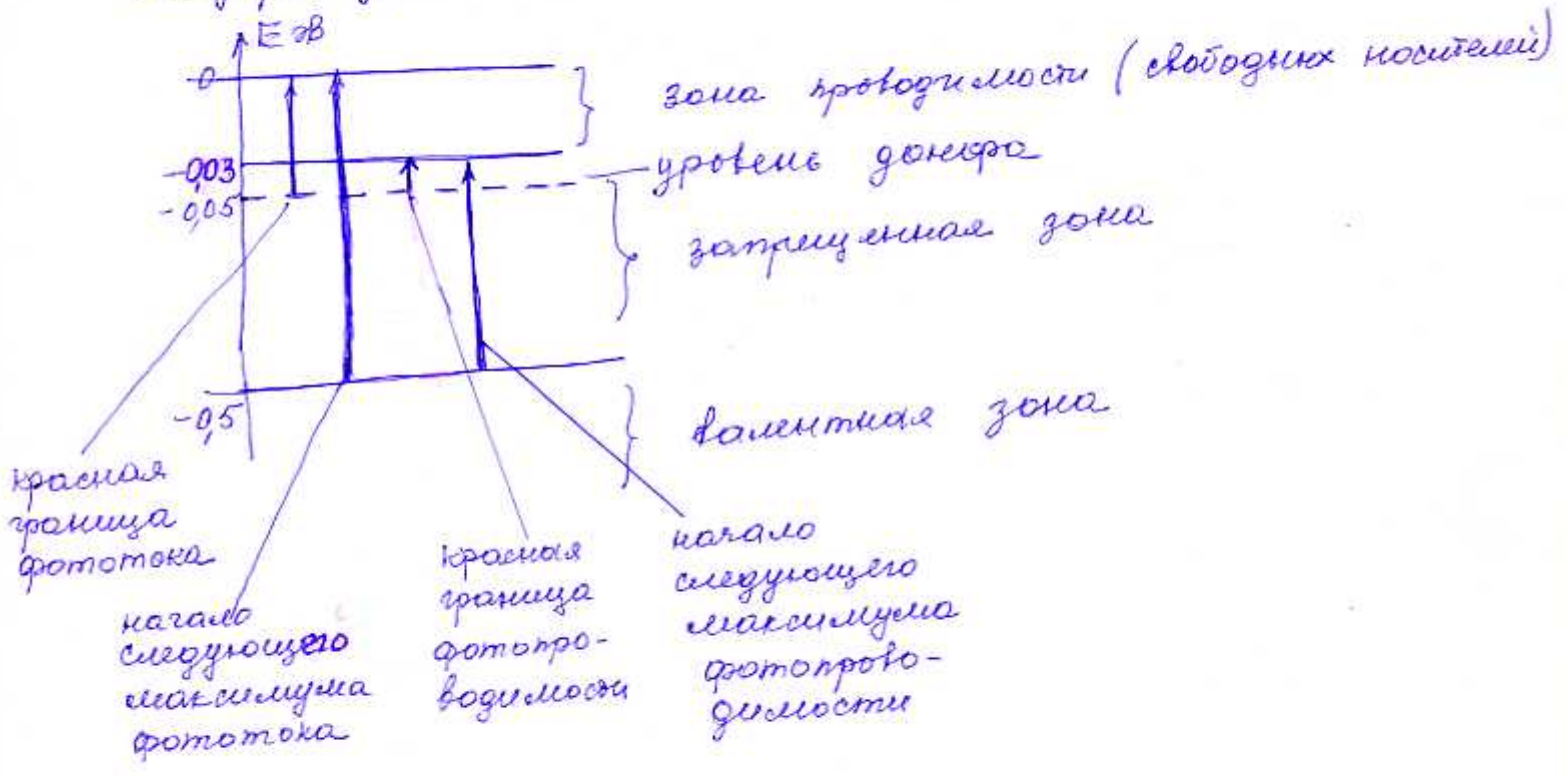
И задание по теме „Зонная теория твердого тела.“ ①

В заданиях 21; 22; 23; 28 обязательно рисовать энергетическую схему полупроводника с конкретными указанными значениями по шкале энергий, соответствующих границам зон, приведенным уровням.

Под красной (длинноволновой) границей фототока (фотопроводимости) понимают так λ фотона (и соответственно, $h\nu$ энергию, необходимую для создания фототока (фотопроводимости).

Под фототоком здесь понимается движение носителей (электронов), выбитых с поверхности полупроводника в результате фотоздрахота.

Под фотопроводимостью - направившее движение (то внешней электрической поле) свободных носителей внутри полупроводника.



Формулы для решетки задают по
полупроводникам (n/n) (расой концентрации носителей)

Электропроводность (σ) чистого беспримесного n/n определяется как $\sigma = n_e \bar{e} \mu_e + n_d e_d \mu_d$, где

$n_e = n_d = n$ (концентрация электронов = концентрация дырок = n)

\bar{e} - заряд электрона и, соответственно $e_d = |\bar{e}|$

μ_e - подвижность электронов } в зависимости от значения подвижности в чистом (идеальном) n/n наблюдается тот или иной тип проводимости (электронный - n-типа, или дырочный - p-типа)
 μ_d - подвижность дырок

Для электронного типа проводимости в идеальном

n/n $n_e = n_0 e^{-\frac{\Delta E}{2kT}}$ где ΔE - ширина запрещенной зоны
 k - постоянная Больцмана

а $n_0 = 2 \left(\frac{2\pi m kT}{h^2} \right)^{3/2}$

и $\sigma_0 = 2 \left(\frac{2\pi m kT}{h^2} \right)^{3/2} e \mu_e$, тогда

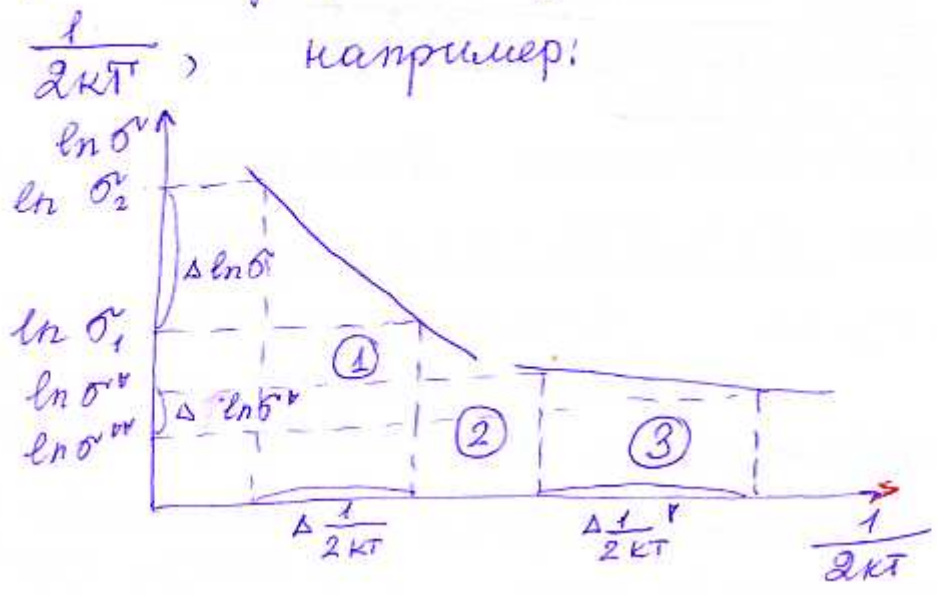
электропроводность
 $\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{\Delta E}{2kT}}$

Для донорного n/n, если концентрация донорных примесей $n_{прим}$

$n_0 = \sqrt{n_{прим}} 2 \left(\frac{2\pi m kT}{h^2} \right)^{3/4}$, $\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{\Delta E}{2kT}}$, где ΔE - энергия активации примесей

если в задачах дана зависимость электропроводности n/n от температуры (или удельного сопротивления от температуры), то зависимость $\sigma = \frac{1}{\rho}$

строим графики зависимости $\ln \sigma$ от



и по графику

определим

1) ширину запрещенной зоны

$$\Delta E = \frac{-\Delta \ln \sigma}{\Delta \frac{1}{2kT}} \quad \text{в эВ}$$

2) энергию активации примеси

$$\Delta E^v = \frac{-\Delta \ln \sigma^v}{\Delta \frac{1}{2kT}} \quad \text{в эВ.}$$

P.S. Энергия активации примеси \ll энергии ширины запрещенной зоны, поэтому условный коэффициент 1ой части графика больше условного коэффициента второй части.

Если в тексте вопрос, где на графике проявляется собственная проводимость, то ответ - в области 1, а примесная - в области 3.

К тому же примесная проводимость работает при очень низких температурах, а собственная - при более высоких.

И задание по теме "Ядерные реакции."

(4)

Состав ядра. Атомное ядро состоит из частиц, в общем называемых нуклонами. Это протоны и нейтроны. Протон имеет положительный заряд e и массу

$$m_p = \begin{cases} 1836,1 m_e \\ 1,60783 \text{ а.е.м.} \end{cases} \quad \text{где } m_e - \text{масса электрона}$$

1 а.е.м. - атомная единица массы, равная $\frac{1}{12}$ массы нейтрально атома углерода C^{12} , т.е.

$$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \quad (\text{обозначается } e)$$

Нейтрон не имеет заряда (нейтральная частица), а его масса близка к массе протона

$$m_n = \begin{cases} 1839,6 m_e \\ 1,00867 \text{ а.е.м.} \end{cases}$$

Основными величинами, характеризующими атомное ядро являются зарядовое Z и массовое M числа. Число Z равно количеству протонов в ядре и определяет его электрический заряд Ze (порядковый номер в таблице Менделеева). Массовое число равно числу в табл. Менд. равно числу нуклонов в ядре. Также образом число нейтронов в ядре равно $N = M - Z$.

Символически эти характеристики у хим. элемента обозначают так:

$${}_Z X^M, \quad \text{например } {}_2 \text{He}^4, \quad {}_{92} \text{U}^{238}$$

Атомы с одинаковым числом протонов в ядре, но разным числом нейтронов (т.е. принадлежащие одному химическому элементу) наз. изотопами.

У разных атомов число изотопов различно, среди них имеются стабильные и радиоактивные.

(4)

Масса ядра не является аддитивной величиной: она не равна сумме масс образующих ядро нуклонов. Причиной этого является сильное взаимодействие нуклонов в ядре. Из-за этого взаимодействие для полного разделения ядра на отдельные свободные нуклоны необходимо произвести некоторую *min* работу, которая определяет энергию связи ядра $E_{св}$

Наоборот, при образовании ядра из свободных нуклонов эта энергия выделяется.

Энергия покоя частицы $E_0 = mc^2$. Тогда:

$$E_{св} = (\sum m_{нукл} - m_{ядра}) c^2 = \Delta m c^2$$

Масса в этих случаях выражается в а.е.м (по таблице масс изотопов).

Значит: $E_{св} = \Delta m \cdot \underbrace{a.e.m. \cdot c^2}_{e = 931,5 \text{ МэВ}}$ } Расчеты следует проводить по такой схеме.

Величина Δm наз. дефектом массы ядра

Обычно это выражается так:

$$\Delta m = Z m_p + (M - Z) m_n - m_{атома} \quad (m_{атома} \approx m_{ядра})$$

или

$$\Delta m = Z \cdot \Delta m_p + (M - Z) \Delta m_n - \Delta m_{атома}$$

дефекты (избытки) масс ??

$$\Delta m_p = \underbrace{m_p}_{(a.e.m)} - M_p = m_p - 1$$

массовое число протона

$$\Delta m_{атома} = m_a - M$$

массовое число атома

Массовое и зарядовое числа - всегда целые

Т.о., энергия связи нуклонов в ядре - это энергия, необходимая для разделения ядра на отдельные нуклоны.

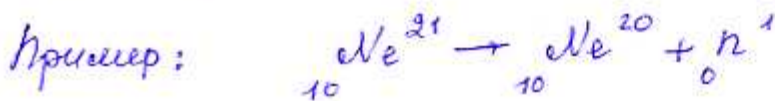
(6)

Таким же образом можно рассчитать энергию, необходимую для отделения от ядра некоторой части (например α -частицы) - энергию связи данной части с ядром. В этом случае надо записать уравнение ядерной реакции.

Наиболее распространенные ядерные реакции:



Суммарное число Z и M в левой и правой части должно быть одинаковым



Тогда энергия связи нейтрона в ядре изотопа Ne^{21} :

$$E_{cb} = \Delta m c^2 = \Delta m \cdot 931,5 \text{ МэВ}, \text{ где}$$

$$\Delta m = (m(\text{Ne}^{20}) + m_n) - m(\text{Ne}^{21}) = \dots \text{ а.е.м.}$$

Д.С. таблица свойств нуклидов (энергии масс и периоды полураспада) вешены на стенде каф. физики рядом с домашним заданием.

(6)

Радиоактивность.

Радиоактивность - самопроизвольное превращение одних атомных ядер в другие, сопровождаемое испусканием элементарных частиц.

Основное уравнение радиоактивного распада:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}, \text{ где}$$

N_0 - кол-во ядер в начальный момент

N - кол-во ядер, не распавшихся по истечении времени t

λ - постоянная распада (характерная для данного α - β - γ - ν -излучения)

Количество распавшихся ядер: $N_0 - N = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$

Время, за которое распадается половина первоначального количества ядер, называется периодом полураспада T :

$$\frac{1}{2} N_0 = N_0 e^{-\lambda T}$$

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

T - табличн. значен. для веществ.

Среднее время жизни радиоактивного ядра: $\tau = \frac{1}{\lambda}$

Активность A радиоактивного α - β - γ -излучения есть число распадов, происходящих в препарате в единицу времени.

Активность характеризует интенсивность радиоактивного распада.

$$A = \frac{dN_{\text{расп}}}{dt} = \lambda N$$

N - количество нележащих в препаратах не распавшихся ядер.

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

A_0 - начальная активность

A [Бк]
Беккерель (единица СИ)

или [Ки]

Кюри (более удобная по величине единица)

$$1 \text{ Бк} = 1 \text{ распад/сек}$$

$$1 \text{ Ки} = 37 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$$

В задачах: $e^{-\lambda t} = e^{-\frac{\ln 2}{T} t} = (e^{\ln 2})^{-\frac{t}{T}} = 2^{-\frac{t}{T}}$, если

$\frac{t}{T}$ мало, то выражение $2^{-\frac{t}{T}}$ можно разложить в ряд и ограничиться (с учетом степени малости) первыми членами разложения.

$$2^{-\frac{t}{T}} = 1 + \frac{-\frac{t}{T} \ln 2}{1!} + \frac{(-\frac{t}{T} \ln 2)^2}{2!} + \dots \quad \text{Тогда приближенно:}$$

$$2^{-\frac{t}{T}} \approx 1 - \ln 2 \cdot \frac{t}{T}$$