

Министерство образования Российской Федерации

ГОУ ВПО УГТУ-УПИ

Кафедра физики

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ

ТЕМА: ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И АТОМНОГО ЯДРА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ

**АВТОРЫ: ПЛЕТНЕВА Е.Д.
ВАТОЛИНА Н.Д.**

**ЕКАТЕРИНБУРГ
2004**

УДК 373.53

Рецензенты: к.ф.-м.н., доцент Волков А.Г.

Автор: Е.Д.Плетнева, Н.Д.Ватолина

Физика: Физика твердого тела и атомного ядра: Методические указания: Задания индивидуальной домашней работы/ Е.Д.Плетнева, Н.Д.Ватолина. Екатеринбург: ООО "Изд-во УМЦ УПИ", 2004, 14с.

Методические указания включают в себя варианты индивидуального домашнего задания по теме «**Физика твердого тела и атомного ядра**» курса общей физики. В них содержатся правила оформления индивидуального домашнего задания и список необходимой литературы при выполнении этого вида учебной работы студента.

Методические указания соответствуют программе курса «Общая физика» и отвечают всем требованиям, принятым на кафедре физики УГТУ-УПИ.

Для студентов УГТУ-УПИ всех специальностей всех форм обучения.

Подготовлено кафедрой физики
ГОУ ВПО УГТУ-УПИ

© ООО "Издательство УМЦ УПИ", 2004

Индивидуальное домашнее задание необходимо оформить на листах формата А-4.

Титульный лист должен иметь все атрибуты указанные ниже

Министерство образования Российской Федерации

ГОУ ВПО УГТУ-УПИ

Кафедра физики

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

ТЕМА: ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Выполнил: Студент группы –
Ф.И.О.
Дата

Проверил: Доцент кафедры физики
Ф.И.О.
Дата

Екатеринбург
2004 г

Внутренние страницы должны иметь поля: сверху и снизу 2,5 см. Слева 3,0 см. Справа 2,0 см.

Текст и графики (диаграммы) должны быть написаны без помарок и исправлений. Допускается оформление на компьютере.

Ответы оформляются в порядке постановки, от первого последовательно к последнему заданию.

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Вариант 1

1. Полагая, что на каждый атом алюминия в кристалле приходится по три свободных электрона, определить максимальную энергию W_{max} при абсолютном нуле.

2. Найти минимальную энергию, необходимую для образования пары электрон-дырка в кристалле $GaAs$, если его проводимость изменяется в 10 раз при изменении температуры от $t_1 = 20^\circ\text{C}$ до $t_2 = -3^\circ\text{C}$.

3. Найти период полураспада $T_{1/2}$ радиоактивного изотопа, если его активность за время $t = 10$ сут уменьшилась на 24% по сравнению с первоначальной.

4. Рассчитать энергию Ферми E_F и температуру вырождения для алюминия, если его плотность $\rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, а молярная масса $M = 27 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

5. Вычислить удельные теплоемкости кристаллов железа и никеля по классической теории, если их молярные массы равны соответственно $M_{Fe} = 55,85 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$, $M_{Ni} = 58,71 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

6. Определить энергию Q ядерной реакции ${}^9\text{Be}(n, \alpha){}^6\text{Li}$, если известно, что энергия связи $E_{св}$ ядра ${}^9\text{Be}$ равна 58,16 МэВ, а ядра ${}^6\text{Li}$ - 64,98 МэВ.

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Вариант 2

1. Найти среднее значение кинетической энергии $W_{\text{кин}}$ электронов в металле при абсолютном нуле, если энергия Ферми $W_{\text{Ф}} = 6,0$ эВ.
2. Найти минимальную энергию, необходимую для образования пары электрон-дырка в чистом теллуре, если известно, что его электропроводность возрастает в $n = 5,2$ раза при увеличении температуры от $T_1 = 300$ К до $T_2 = 400$ К.
3. Определить какая доля радиоактивного изотопа ${}^{225}_{89}\text{Ac}$ распадается в течение времени $t = 6$ сут.
4. Оценить концентрацию атомов n_a и свободных электронов n_e в натрия, если энергия Ферми $E_{\text{Ф}} = 3,1$ эВ, плотность $\rho = 970$ кг/м³, а молярная масса $M = 27 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Найти отношение n_e / n_a .
5. Оценить максимальную частоту ν_{max} нормальных колебаний атомов в кристалле золота по теории Дебая, если температура Дебая для него $\theta_{\text{д}} = 180$ К.
6. Определить энергию Q ядерной реакции ${}^{14}\text{N}(n, p){}^{14}\text{C}$, если известно, что энергия связи $E_{\text{св}}$ ядра ${}^{14}\text{N}$ равна 104,66 МэВ, а ядра ${}^{14}\text{C}$ - 105,29 МэВ.

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Вариант 3

1. Определить концентрацию свободных электронов в металле при температуре $T = 0$, при которой энергия Ферми $W_{\text{Ф}} = 6$ эВ.
2. Характерная особенность полупроводников – наличие отрицательного температурного коэффициента сопротивления α . Объяснить причину данного эффекта и вычислить α для чистого германия, если ширина запрещенной зоны $\Delta W = 0,75$ эВ. Температура $T = 300$ К.
3. Активность A некоторого изотопа за время $t = 10$ сут уменьшилась на 20%. Определить период полураспада $T_{1/2}$ этого радиоактивного изотопа.
4. Рассчитать энергию Ферми $E_{\text{Ф}}$ для железа, если его плотность $\rho = 7,9 \cdot 10^3$ кг/м³, молярная масса $M = 55,85 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, а валентность $z = 2$. Оценить тепловое “размытие” kT уровня Ферми при комнатной температуре ($T = 300$ К) и сравнить его с энергией Ферми $kT/E_{\text{Ф}}$.
5. Определить теплоту, необходимую для нагревания кристалла серебра массой $m = 100$ г от $T_1 = 5$ К до $T_2 = 10$ К, если температура Дебая серебра $\theta_{\text{д}} = 210$ К, а молярная масса $M = 107,87 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.
6. При реакции ${}^6\text{Li}(d, p){}^7\text{Li}$ освобождается энергия $Q = 5,028$ МэВ. Определить массу m ${}^6\text{Li}$. Массы остальных атомов взять из таблицы.

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Вариант 4

1. Определить максимальную скорость v_{max} электронов в металле при абсолютном нуле, если энергия Ферми $W_F = 5$ эВ.
2. Красная граница фотоэффекта сурьмяно-цезиевого фотокатода соответствует длине волны $\lambda_{01} = 6,5 \cdot 10^{-7}$ м. Красная граница собственной фотопроводимости отвечает волны $\lambda_{02} = 2,07 \cdot 10^{-8}$ м. Определить положение (в эВ) дна зоны проводимости данного полупроводника относительно вакуума.
3. Найти среднюю продолжительность жизни τ атома радиоактивного изотопа кобальта ${}^{60}_{27}\text{Co}$.
4. Концентрация свободных электронов в натрии $n_e = 2,5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$. Оценить максимальную скорость v_{max} электронов в этом металле при $T = 0$ К и температуру его вырождения T_F .
5. В некотором металле при температуре $T_1 = 700$ К отношение электронной теплоемкости $c_{m \text{ эл}}$ к решеточной $c_{m \text{ реш}}$ составляет 0,05. Определить энергию Ферми E_F .
6. При реакции ${}^2\text{H}(\text{d}, \text{p}) {}^3\text{H}$ освобождается энергия $Q = 4,033$ МэВ. Определить массу $m {}^3\text{H}$. Массы остальных атомов взять из таблицы.

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Вариант 5

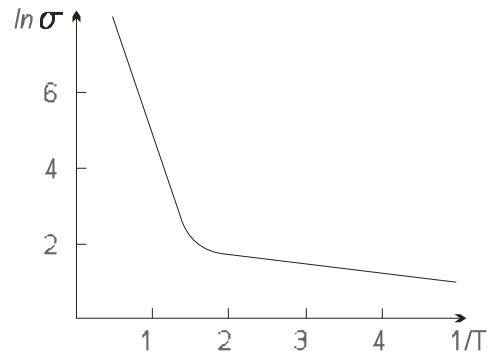
1. Определить долю свободных электронов в металле при абсолютном нуле, энергии W которых заключены в интервале значений от $(\frac{1}{2})W_{max}$ до W_{max} .
2. При очень низких температурах красная граница фотопроводимости чистого беспримесного германия $\lambda_0 = 1,7$ мкм. Найти температурный коэффициент сопротивления данного германия при комнатной температуре.
3. Некоторый радиоактивный изотоп имеет постоянную распада $\lambda = 1,44 \cdot 10^{-3}$ ч. Через какое время распадется 75% первоначальной массы атомов?
4. Энергия Ферми в некотором одновалентном металле $E_F = 3,5$ эВ. Рассчитать концентрацию свободных электронов в этом металле и среднюю кинетическую энергию электронов при $T = 0$ К.
5. Отношение полной теплоемкости в металле c_m к решеточной $c_{m \text{ реш}}$ при некоторой температуре составляет 1,05. Оценить температуру металла, если его энергия Ферми $E_F = 3,1$ эВ.
6. Ядро урана ${}^{235}_{92}\text{U}$, захватив один нейтрон, разделилось на два осколка, причем освободилось два нейтрона. Одним из осколков оказалось ядро ксенона ${}^{140}_{54}\text{Xe}$. Определить порядковый номер Z и массовое число A второго осколка.

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Вариант 6

1. Найти число свободных электронов, приходящихся на один атом натрия при $T = 0\text{ К}$, если уровень Ферми $W_{\text{Ф}} = 3,07\text{ эВ}$ и плотность натрия равна $0,97\text{ г/см}^3$.

2. На рисунке дан график зависимости логарифма электропроводности от обратной температуры для некоторого полупроводника n -типа. Найти с помощью этого графика ширину запрещенной зоны ΔW полупроводника и энергию активации $\Delta W_{\text{д}}$ донорных уровней.



3. Скорость распада в начальный момент времени составляла $2,7 \cdot 10^3$ расп/с. Определить скорость распада по истечении половины периода полураспада.

4. Температура вырождения в натрии $T_{\text{Ф}} = 3,6 \cdot 10^4\text{ К}$. Определить максимальную скорость v_{max} электронов в этом металле и их среднюю кинетическую энергию при $T = 0\text{ К}$.

5. Максимальная частота ν_{max} нормальных колебаний атомов в кристалле составляет $5,0 \cdot 10^{12}\text{ Гц}$. Определить максимальную энергию колебаний E_{max} и температуру Дебая $\theta_{\text{Д}}$.

6. Определить энергию E , которая освободится при делении всех ядер, содержащихся в уране – 235 массой $m = 1\text{ г}$.

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Вариант 7

1. Сколько процентов свободных электронов в металле при $T = 0$ имеет кинетическую энергию, превышающую половину максимальной.
2. Во сколько раз изменится при повышении температуры от 300 до 310 К проводимость σ а) металла; б) собственного полупроводника, ширина запрещенной зоны $\Delta W = 0,72$ эВ. Каков характер изменения в обоих случаях?
3. В руде содержится одинаковое количество атомов ^{206}Pb и ^{238}U . Определить, каким был состав руды 10^9 лет тому назад.
4. Оценить вероятности P_1 и P_2 того, что в металле при температуре $T = 400$ К энергетические уровни, лежащие на $\Delta E = 0,10$ эВ выше и ниже уровня Ферми, заняты электронами. Пояснить графически.
5. Во сколько раз возрастает сопротивление R образца из чистого германия, если его температуру понизить от $T_1 = 300$ К до $T_2 = 250$ К? Энергия активации свободных носителей заряда в германии $\Delta E = 0,7$ эВ.
6. Определить массовый расход m_t ядерного горючего ^{235}U в ядерном реакторе атомной электростанции. Тепловая мощность P электростанции равна 10 МВт. Принять энергию Q , выделяющуюся при одном акте деления, равной 200 МэВ. К.П.Д. η электростанции составляет 20%.

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Вариант 8

1. Как и во сколько раз изменится вероятность заполнения электронами энергетического уровня в металле, если уровень расположен на 0,1 эВ ниже уровня Ферми и температура изменяется от $T_1 = 200$ К до $T_2 = 300$ К.

2. Сравнить электропроводность чистого германия при $t_1 = -40^\circ\text{C}$ и $t_2 = 100^\circ\text{C}$. Энергия активации для германия $\Delta W = 0,72$ эВ.

3. Чему равна удельная активность изотопа ^{238}U , если период его полураспада $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$ лет? Удельной активностью называется число распадов в 1 с на 1 г вещества.

4. Определить число электронных состояний в единице объема металла с энергией, лежащей в интервале от $E = 0,60$ эВ до $E + \Delta E = 0,61$ эВ.

5. Рассчитать энергию активации ΔE носителей тока в теллуре, если при нагревании от $T_1 = 300$ К до $T_2 = 400$ К его проводимость возрастает в 5 раз?

6. Найти энергию Q ядерных реакций: 1) $^3\text{H}(\text{p}, \gamma) ^4\text{He}$; 2) $^2\text{H}(\text{d}, \gamma) ^4\text{He}$; 3) $^2\text{H}(\text{n}, \gamma) ^3\text{H}$; 4) $^{19}\text{F}(\text{p}, \alpha) ^{16}\text{O}$.

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Вариант 9

1. Найти разницу энергий $\Delta W_{\text{п}}$ (в единицах кТ) между электронами, находящимися на уровне Ферми, и электронами, находящимися на уровнях, вероятность заполнения которых равны 0,20 и 0,80.
2. Длинноволновый край полосы поглощения чистого германия лежит вблизи длины волны $\lambda_0 = 19$ мкм. Оценить ширину запрещенной зоны ΔW германия.
3. Какая доля начального количества радиоактивного вещества останется нераспавшейся через 1,5 периода полураспада?
4. Оценить максимальную скорость v_{max} электронов в меди и их среднюю кинетическую энергию, полагая что на каждый атом приходится один свободный электрон, если ее плотность $\rho = 8,9 \cdot 10^3$ кг/м³, молярная масса $M = 64 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.
5. Удельное сопротивление чистого германия при некоторой температуре $\rho = 0,47$ Ом·м. Подвижности электронов и дырок равны соответственно $b_{\text{эл}} = 0,38$ м²/(В·с.), $b_{\text{д}} = 0,18$ м²/(В·с.). Вычислить их концентрации n при этой температуре.
6. Определить энергию Q ядерной реакции ${}^9\text{Be}(n, \alpha){}^6\text{Li}$, если известно, что энергия связи $E_{\text{св}}$ ядра ${}^9\text{Be}$ равна 58,16 МэВ, а ядра ${}^6\text{Li}$ - 64,98 МэВ.

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Вариант 10

1. Половина всех свободных электронов в металле обладает кинетическими энергиями, большими, чем некоторая энергия W . Вычислить величину этой энергии в долях энергии $W_{\text{ф}}$.

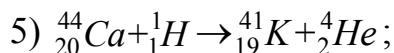
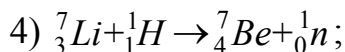
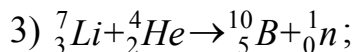
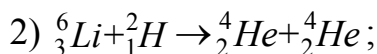
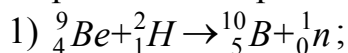
2. Изобразить энергетическую схему кислородно - цериевого фотокатода, если известно, что энергия активации донорных примесей $\Delta W_{\text{д}} = 0,7$ эВ, красная граница фотоэффекта при очень низких температурах соответствует длине волны $\lambda_0 = 1,2$ мкм и начало возрастания фототока вблизи следующих двух коротковолновых максимумов отвечает $\lambda_1 = 500$ нм и $\lambda_2 = 300$ нм.

3. Определить число N ядер, распавшихся в течение времени: 1) $t_1 = 1$ мин; 2) $t_2 = 5$ сут, в радиоактивном изотопе фосфора $^{32}_{15}\text{P}$ массой $m = 1,0$ мг.

4. Определить вероятности P_1 и P_2 заполнения энергетических состояний электронов в металле, лежащих выше и ниже уровня Ферми на $\Delta E = 0,050$ эВ при $T = 290$ К. Пояснить графически.

5. Энергия активации проводимости чистого кремния $\Delta E = 1,1$ эВ. Во сколько раз уменьшится удельное сопротивление кремния при его нагревании от $T_1 = 300$ К до $T_2 = 500$ К.

6. Определить энергию Q ядерных реакций:



Освобождается или поглощается энергия в каждой из этих реакций?

ЛИТЕРАТУРА

1. **Савельев И.В.** Курс общей физики. Книги 1, 2, 3, 4, 5. - М.: Наука Физматлит, 1998. Кн. 1 336 с.; Кн. 2 336 с.; Кн. 3 208 с.; Кн. 4 256 с.; Кн. 5 368 с.
2. **Детлаф А.А., Яворский Б.М., Милковская Л.Б.** Курс физики. Т. 1, 2, 3. - М.: Высшая школа, 1973–1979. Т. 1, 384 с.; Т. 2, 375 с.; Т. 3, 511 с.
3. **Детлаф А.А., Яворский Б.М.** Курс физики. - М.: Высшая школа, 1989. - 608 с., 1999. - 718 с.
4. **Трофимова Т.И.** Курс физики. - М.: Высшая школа, , 1985. - 352 с., 1996. - 432 с., 1997. - 512 с., 1998. - 542 с.
5. **Зисман Г.А., Тодес О.М.** Курс общей физики Т.1, 2,3. – Киев: Дніпро, 1994. Т.1, 350с.; Т. 2, 383с.; Т.3. 512 с.
6. **Сивухин Л.В.** Общий курс физики. - М.: Наука, 1979-1989.-Т.І-V.