

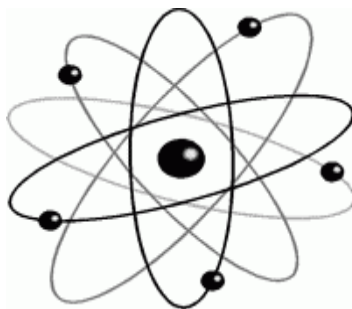
ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»

Кафедра физики

КВАНТОВАЯ ОПТИКА. ФИЗИКА АТОМОВ И ЯДЕР.
ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

для зачета по лабораторным работам
по дисциплине «Физика»
для студентов всех направлений и специальностей
очной формы обучения



Воронеж 2015

Составители: канд. физ.-мат. наук А.Г. Москаленко, канд. техн. наук М.Н. Гаршина, канд. физ.-мат. наук Е.П. Татьянаина, канд. физ.-мат. наук Т.Л. Тураева, ассиситент О.И. Ремизова

УДК 531 (07)

Квантовая оптика. Физика атомов и ядер. Физика полупроводников: контрольные задания для зачета по лабораторным работам по дисциплине «Физика» для студентов всех направлений и специальностей очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.Г. Москаленко, М.Н. Гаршина, Е.П. Татьянаина, Т.Л. Тураева, О.И. Ремизова. Воронеж, 2015. 28 с.

Методические указания содержат теоретический минимум и варианты контрольных заданий по разделам курса физики «Квантовая оптика. Квантовая механика. Физика атома» для сдачи зачета по лабораторным работам.

Предназначены для студентов второго курса очной формы обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS Word 2003 и содержатся в файле Контрольные задания_физика3.doc.

Табл. 4. Ил. 27. Библиогр.: 7 назв.

Рецензент д-р физ.-мат. наук, проф. Е.В. Шведов

Ответственный за выпуск зав. кафедрой канд. физ.-мат. наук, проф. Т.Л. Тураева

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВПО «Воронежский
государственный технический
университет», 2015

1. ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Теоретический минимум

- Тепловое излучение. Испускательная и поглотительная способность. Энергетическая светимость.
- Закон Кирхгофа. Физический смысл универсальной функции Кирхгофа.
- Абсолютно черное тело. Спектр и законы излучения абсолютно черного тела.
- Формула Релея-Джинса. Ультрафиолетовая катастрофа.
- Квантовая гипотеза. Формула Планка.
- Оптическая пирометрия.

Контрольные задания к лабораторной работе №3.01. «Определение температуры оптическим пирометром»

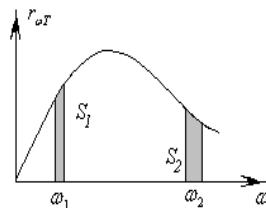
Вариант 1

1. Дать определение и указать единицы измерения в СИ испускательной, поглотительной способности и энергетической светимости тела.

2. Если при изменении температуры абсолютно черного тела площадь под кривой $r_{\lambda,T} = f(\lambda)$ увеличилась в 4 раза, то, как при этом изменилась длина волны, на которую приходится максимум испускательной способности тела?

3. Как изменится мощность излучение черного тела, если максимум энергии излучения сместится от красной границы ($\lambda_k=0,76\text{мкм}$) к его фиолетовой границе ($\lambda_f=0,38\text{мкм}$)?

4. На графике, представляющем универсальную функцию Кирхгофа, выделены два узких участка, площади которых равны. Одинакова ли для абсолютно черного тела на указанных частотах:



- а) испускательная способность $r_{\omega T}$;
- б) энергетическая светимость $\Delta R_{\omega T}^*$?

5. Черное тело имеет температуру $T_1=500K$. Какова будет температура T_2 тела, если в результате нагревания поток излучения увеличится в 5 раз?

Вариант 2

1. Представить зависимости испускательной способности абсолютно черного тела от длины волны при двух различных значениях температуры. В чем различие этих зависимостей?

2. При переходе от температуры T_1 к температуре T_2 площадь под кривой зависимости $r_{\lambda, T} = f(\lambda)$ увеличилась в 16 раз. Как при этом изменилась длина волны, на которую приходится максимум испускательной способности тела?

3. Мощность излучения абсолютно черного тела $N=10кВт$, его излучающая поверхность $S=5см^2$. На какую длину волны приходится максимум испускательной способности тела?

4. Температура вольфрамовой спирали в 25-ваттной электрической лампочке $T=2450K$, площадь ее излучающей поверхности $S=0,4см^2$. Найти отношение энергетической светимости спирали к энергетической светимости абсолютно черного тела при данной температуре.

5. Определить температуру и энергетическую светимость абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения приходится на длину волны $600нм$.

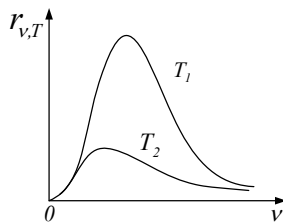
Вариант 3

1. Сформулировать закон Кирхгофа. В чем состоит физический смысл универсальной функции Кирхгофа?

2. Максимум $r_{\lambda T}^*$ приходится на длину волны $750 нм$. Какова температура этого тела?

3. Если температура абсолютно черного тела увеличится от $300K$ до $600K$, то во сколько раз увеличится его мощность суммарного излучения?

4. Если при уменьшении температуры площадь фигуры под графиком спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела $r_{\nu,T}$ уменьшилась в 16 раз, то чему равно отношение температур T_1/T_2 ?



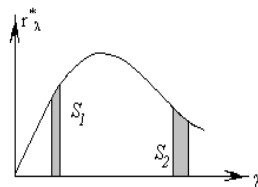
5. Муфельная печь, потребляющая мощность $1кВт$, имеет отверстие площадью $100см^2$. Определить долю мощности, рассеиваемой стенками печи, если температура ее внутренней поверхности равна $1кК$.

Вариант 4

1. В чём заключалось расхождение между экспериментом и классической теорией излучения абсолютно чёрного тела? Как была решена эта проблема?

2. Температура абсолютно черного тела $1000K$. На какую длину волны приходится максимум испускательной способности этого тела?

3. Площадь заштрихованных участков на кривой $r_{\lambda}^* = f(\lambda)$ одинакова ($S_1 = S_2$). Число излучаемых квантов N в указанных интервалах:



1) $N_1 = N_2$ 2) $N_1 > N_2$ 3) $N_1 < N_2$

4. Шар радиуса r , поверхность которого можно принять за абсолютно черную, поддерживается при температуре T . Определить:

- а) энергетическую светимость R^* шара;
- б) излучаемый им полный тепловой поток Φ .

5. Из смотрового окошка печи излучается поток $\Phi=4кДж/мин$. Определить температуру печи, если площадь излучающей поверхности $S=8см^2$.

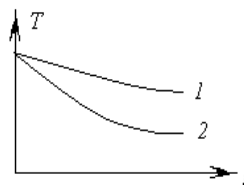
Вариант 5

1. Дать определение абсолютно чёрного тела и сформулировать законы его излучения.

2. Температура абсолютно черного тела понизилась с $1000K$ до $850K$. На сколько при этом изменилась длина волны, отвечающая максимуму распределения энергии?

3. По кривым остывания тел от времени сравнить поглощательные способности тел

- 1) $a_1 = a_2$ 2) $a_1 > a_2$ 3) $a_1 < a_2$



4. На участок поверхности тела с поглощательной способностью a , находящегося в равновесии с излучением, падает поток $\Phi_{над}$. Определить:

- а) поток энергии, поглощаемый участком $\Phi_{пог}$;
б) отраженный им поток $\Phi_{отр}$;

5. Определить поглощательную способность серого тела, для которого температура, измеренная радиационным пирометром, $T = 1,4кK$, тогда как истинная температура тела равна $3,2кK$.

2. ФОТОЭФФЕКТ

Теоретический минимум

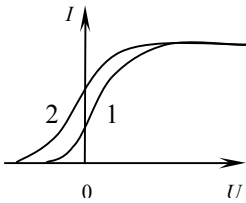
- Фотоэффект. Законы внешнего фотоэффекта. Вольтамперная характеристика внешнего фотоэффекта и ее объяснение.
- Несостоятельность волновой теории в объяснении законов внешнего фотоэффекта. Квантовая теория фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна.
- Красная граница фотоэффекта.
- Фотоэлементы, их характеристики. Применение фотоэлементов.

Контрольные задания к лабораторным работам

№3.02. «Исследование внешнего фотоэффекта»;

№3.03. «Исследование фотоэлемента»

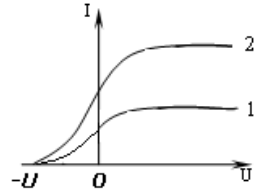
Вариант 1



1. Дать объяснение вольт-амперных характеристик фотоэлемента. По виду вольт - амперных характеристик сравните работы выхода электронов из металлов, освещаемых одним и тем же источником света.
2. Как изменится кинетическая энергия фотоэлектронов при увеличении светового потока в 2 раза?
3. Изобразить зависимость максимальной кинетической энергии T_{\max} фотоэлектронов от частоты ν света. Работа выхода электрона из металла равна A .
4. Если работа по полному торможению фотоэлектронов электрическим полем равна работе выхода A , то какова частота квантов, вызывающих фотоэффект?
5. Фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов $U = 1B$. Чему равна скорость фотоэлектронов?

Вариант 2

1. Сформулировать законы внешнего фотоэффекта. По виду вольтамперных характеристик сравнить освещённости катода при постоянной частоте падающего света.



2. Как изменится запирающее напряжение, если частоту света увеличить в 2 раза?

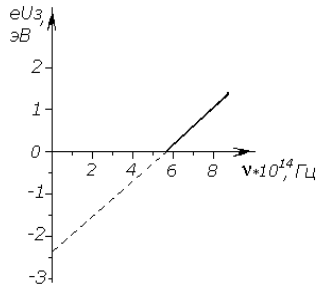
3. Определить длину волны красной границы фотоэффекта для цезия (работа выхода $A=1,9 \text{ эВ}$).

4. При освещении катода фотоэлемента монохроматической световой волной в его цепи течет ток насыщения I_n . Изобразить зависимость этого тока от концентрации n фотонов.

5. Определить максимальную скорость фотоэлектронов, вылетающих из меди ($A_{\text{вых}}=4,5 \text{ эВ}$) под действием γ -излучения с длиной волны $\lambda=0,3 \text{ нм}$.

Вариант 3

1. Записать уравнение Эйнштейна и дать понятие красной границы фотоэффекта. Определить красную границу λ_0 фотоэффекта для металла по представленному графику.



2. Как изменится максимальная энергия фотоэлектронов, если частоту света увеличить в 2 раза?

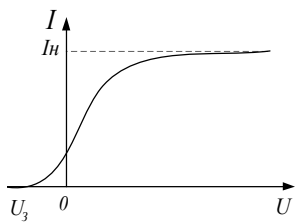
3. Фотоны с энергией $E=5 \text{ эВ}$ вырывают фотоэлектроны из металла с работой выхода $A=4,7 \text{ эВ}$. Каков максимальный импульс (в $\text{кг}\cdot\text{м}/\text{с}$), передаваемый поверхности этого металла при вылете электрона?

4. Алюминиевый шарик последовательно освещается красным (1), желтым (2), зеленым (3) и синим цветом (4). В каком случае шарик приобретет наибольший заряд?

5. На поверхность лития падает монохроматический свет ($\lambda = 310 \text{ нм}$). Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов не менее $1,7 \text{ В}$. Определить работу выхода.

Вариант 4

1. В чём заключается несостоятельность волновой теории в объяснении законов внешнего фотоэффекта?



2. Как с помощью вольт-амперной характеристики фотоэлемента определить число n электронов, выбиваемых светом с поверхности катода в единицу времени? Как изменится вид вольт-амперной характеристики фотоэлемента, если при неизменном спектральном составе излучения

полный световой поток увеличится в два раза?

3. Определить длину волны красной границы фотоэффекта для меди (работа выхода $A = 4,5 \text{ эВ}$).

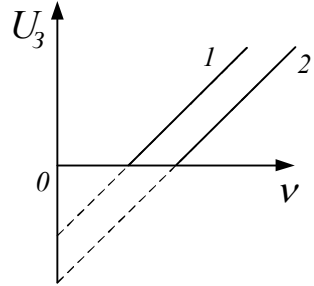
4. Найти постоянную Планка h , если известно, что электроны, вырываемые из металла светом с частотой $\nu_1 = 2,2 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$, полностью задерживаются разностью потенциалов $U_1 = 6,6 \text{ В}$, а вырываемые светом с частотой $\nu_2 = 4,6 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$ — разностью потенциалов $U_2 = 16,5 \text{ В}$.

5. До какого потенциала можно зарядить удаленный от других тел цинковый шарик (для цинка $A_{\text{вых}} = 4,0 \text{ эВ}$), облучая его ультрафиолетовым излучением с длиной волны $\lambda = 200 \text{ нм}$?

Вариант 5

1. Фотоны. Энергия и импульс фотона. Квантовая теория фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна.

2. На рисунке представлены две зависимости задерживающего напряжения U_3 от частоты ν падающего света для внешнего фотоэффекта. Чем отличаются условия, при которых были получены эти прямые? Какие фундаментальные физические постоянные могут быть получены с помощью этих зависимостей?



3. Ток насыщения, протекающий через вакуумный фотоэлемент при его освещении светом равен $I_n = 0,5 \text{ нА}$. Определить число N фотоэлектронов, покидающих поверхность катода в единицу времени.

4. Как изменится вид вольт-амперной характеристики фотоэлемента, если при неизменном потоке фотонов увеличится в два раза частота падающего монохроматического света?

5. Какая доля энергии фотона израсходована на работу выхода фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 307 \text{ нм}$ и максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона равна 1 эВ ?

3. АТОМ ВОДОРОДА

Теоретический минимум

- Модель атома водорода по Бору. Постулаты Бора.
- Атом водорода в квантовой механике. Квантовые числа и их физический смысл. Энергетические уровни атома водорода и их вырождение. Пространственное квантование.
- Спектр атома водорода. Обобщенная формула Бальмера. Постоянная Ридберга.

Контрольные задания к лабораторным работам

№3.04. «Изучение спектра атома водорода»;

№ 3.05. «Измерение первого потенциала возбуждения атома криптона методом Франка-Герца»

Вариант 1

1. Что характеризуют квантовые числа: главное, орбитальное и магнитное? Какие значения они могут принимать?
2. Найти наибольшую и наименьшую длины волн спектра атома водорода в серии Пашена.
3. Записать спектроскопические обозначения состояний атома водорода, в которых может находиться электрон, имеющий главное квантовое число $n = 4$.
4. Каково изменение орбитального механического момента электрона в атоме водорода при переходе его из состояния $2p$ в состояние $2s$?
5. Чему равно число возможных ориентаций вектора орбитального момента импульса электрона атома водорода в $3d$ – состоянии?

Вариант 2

1. Какие существуют ограничения на возможные переходы электрона в атоме с одного уровня на другой?
2. Найти наибольшую и наименьшую длины волн спектра атома водорода в серии Бальмера.
3. Атомарный водород, возбужденный светом определенной длины волны, при переходе в основное состояние испускает только три спектральные линии. Определить длины волн этих линий и указать, каким сериям они принадлежат.
4. Чему равен момент импульса электрона, находящегося в атоме водорода в d -состоянии?
5. Каково число возможных ориентаций вектора орбитального момента импульса электрона атома водорода в $2p$ -состоянии?

Вариант 3

1. Дайте определение энергии ионизации, потенциала ионизации, первого потенциала возбуждения.
2. Найти наибольшую и наименьшую длины волн спектра атома водорода в серии Лаймана.
3. Определить первый потенциал возбуждения атома водорода.
4. Какова кратность вырождения $3d$ -состояния атома водорода?
5. Чему равно изменение орбитального магнитного момента электрона в атоме водорода при переходе из состояния $3p$ в состояние $1s$?

Вариант 4

1. Что означает понятие пространственного квантования момента импульса электрона в атоме? Нарисуйте векторную диаграмму пространственного квантования для орбитального числа $\ell = 3$.

2. Определить длину волны, соответствующую третьей спектральной линии в серии Бальмера.
3. Найти потенциал ионизации атома водорода.
4. Во сколько раз орбитальный момент импульса L электрона находящегося в f -состоянии, больше, чем для электрона в p -состоянии?
5. Чему равно изменение орбитального магнитного момента электрона в атоме водорода при переходе из состояния $2p$ в состояние $1s$?

Вариант 5

1. Какую группу электронов в атоме называют:
а) подоболочкой; б) оболочкой? Указать максимально возможное число электронов в оболочке и подоболочке.
2. Определить наименьшую и наибольшую энергии фотона в ультрафиолетовой серии спектра атома водорода.
3. В каких пределах должна лежать энергия бомбардирующих электронов, чтобы при возбуждении атомов водорода ударами этих электронов спектр водорода имел только одну спектральную линию?
4. Чему равен наименьший угол α , который может образовать вектор момента импульса электрона, находящегося в атоме в d -состоянии, с направлением внешнего магнитного поля?
5. В атоме водорода электрон находится в состоянии $4f$. Найдите максимальный квант энергии, который может выделиться при переходе электрона в одно из низших состояний. Какое это состояние?

4. ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Теоретический минимум

- Зонная теория твердых тел. Образование и характеристики энергетических зон в кристаллах. Заполнение энергетических зон электронами. Металлы, диэлектрики, полупроводники.

- Механизм собственной и примесной проводимости полупроводников. Энергетические диаграммы собственных и примесных полупроводников.

- Полупроводники *p*- и *n*- типов. Энергетические диаграммы полупроводников *p* и *n* типа. Механизм электропроводности полупроводников.

- Зависимость концентрации собственных и примесных носителей полупроводников от температуры.

- Подвижность носителей в полупроводниках. Зависимость подвижности носителей от температуры.

- Температурная зависимость проводимости собственных и примесных полупроводников. Энергия активации собственной и примесной проводимости и её определение по графику $\ln \sigma$ от $1/T$.

- Образование *p-n* перехода. Зонная диаграмма *p-n* перехода в состоянии равновесия и в режимах прямого и обратного напряжения.

- Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода. Коэффициент выпрямления. Применение полупроводниковых диодов.

- Фотопроводимость полупроводников. Красная граница собственной и примесной фотопроводимости.

- Светодиод. Излучение светодиодов. Применение светодиодов.

4.1. Контрольные задания к лабораторным работам
№3.06. «Изучение эффекта Холла в полупроводниках»;
№3.07. «Определение энергии активации примеси в полупроводниках»; **№3.09 «Изучение фотопроводимости в полупроводниках»**

Вариант 1

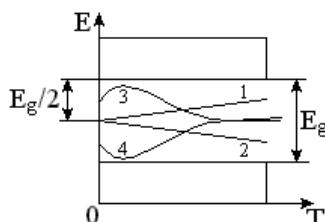
1. Образование энергетических зон в кристаллах и их заполнение электронами. Как осуществляется классификация твердых тел на металлы, диэлектрики и полупроводники?

2. На рисунке показан участок периодической системы Менделеева

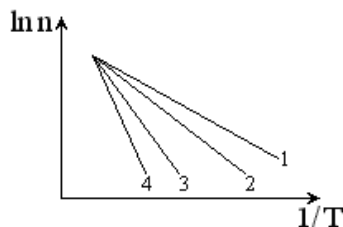
Группы \ Периоды	III	IV	V	VI	VII
2	B	C	N	O	
3	Al	Si	P	S	Cl
4	Ga	Ge	As	Se	Br
5	Yn	Sn	Sb	Te	Y

При введении какой примеси в чистый кремний он становится полупроводником *n*-типа?

3. Какая кривая описывает температурную зависимость уровня Ферми в собственном полупроводнике?



4. На графике показана зависимость логарифма концентрации носителей заряда в собственных полупроводниках от обратной температуры. Какому образцу соответствует наименьшая энергия активации E_g ?



5. Опишите механизм собственной и примесной фотопроводимости полупроводников.

Вариант 2

1. Каков механизм собственной и примесной проводимости полупроводников?

2. На рисунке показан участок периодической системы Менделеева

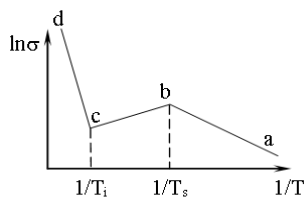
Группы \ Периоды	III	IV	V	VI	VII
2	B	C	N	O	
3	Al	Si	P	S	Cl
4	Ga	Ge	As	Se	Br
5	Yn	Sn	Sb	Te	Y

При введении какой примеси в чистый кремний он становится полупроводником p -типа?

3. Если число образующих кристалл атомов N увеличить в 3 раза, то число электронов, которое может вместить $2p$ -зона

- 1) не изменится 2) увеличится в 3 раза
3) увеличится в 6 раз 4) увеличится на $3N$,

4. На графике показана зависимость логарифма электропроводности в полупроводниках p -типа от обратной температуры. В области низких температур электропроводность описывается формулой:



- 1) $\sigma \sim \exp(-E_g/2kT)$ 2) $\sigma \sim \exp(-E_D/2kT)$
3) $\sigma \sim \exp(-E_A/2kT)$ 4) $\sigma \sim T^{-3/2}$

5. Красная граница фотопроводимости в собственном полупроводнике описывается формулой

- 1) $\lambda = hc / E_d$ 2) $\lambda = hc / E_g$ 3) $\lambda = hc / E_a$ 4) $\lambda = hc / eU$

Вариант 3

1. Какой вид имеют энергетические диаграммы полупроводников *p*- и *n*-типов?

2. На рисунке показан участок периодической системы Менделеева

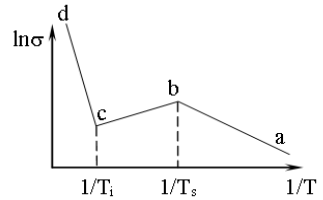
Группы \ Периоды	III	IV	V	VI	VII
2	B	C	N	O	
3	Al	Si	P	S	Cl
4	Ga	Ge	As	Se	Br
5	Yn	Sn	Sb	Te	Y

При введении какой примеси в чистый германий он становится полупроводником *n*-типа?

3. Максимальное число электронов, которое может вместить энергетическая зона $4f$ кристалла, содержащего N атомов, равно

- 1) $6N$ 2) $10N$ 3) $14N$ 4) $18N$

4. На рисунке приведена зависимость логарифма электропроводности примесного полупроводника *n*-типа от обратной температуры. В области высоких температур электропроводность описывается формулой



- 1) $\sigma \sim \exp(-E_g/2kT)$ 2) $\sigma \sim \exp(-E_D/2kT)$
 3) $\sigma \sim \exp(-E_A/2kT)$ 4) $\sigma \sim T^{-3/2}$

5. Примесная фотопроводимость полупроводников наблюдается

- 1) при любой температуре
 2) при температуре ниже температуры истощения примесей T_s
 3) выше температуры T_i

4) выше температуры T_S , но ниже температуры T_i перехода к собственной проводимости

Вариант 4

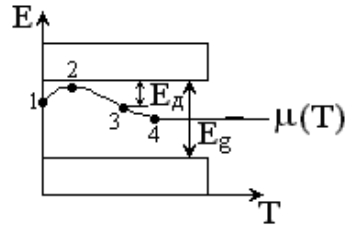
1. Какова температурная зависимость проводимости собственных и примесных полупроводников в координатах $\ln\sigma$ от $1/T$?

2. На рисунке показан участок периодической системы Менделеева

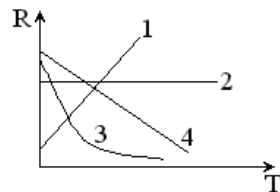
Группы \ Периоды	III	IV	V	VI	VII
2	B	C	N	O	
3	Al	Si	P	S	Cl
4	Ga	Ge	As	Se	Br
5	Yn	Sn	Sb	Te	Y

При введении какой примеси в чистый германий он становится полупроводником p -типа?

3. Какая точка на кривой температурной зависимости уровня Ферми в полупроводнике n -типа соответствует температуре истощения примесей?



4. Какой график соответствует температурной зависимости сопротивления полупроводника?



5. Красная граница фотопроводимости в полупроводнике p -типа описывается формулой

1) $\lambda = hc / E_d$ 2) $\lambda = hc / E_g$ 3) $\lambda = hc / E_a$ 4) $\lambda = hc / eU$

Вариант 5

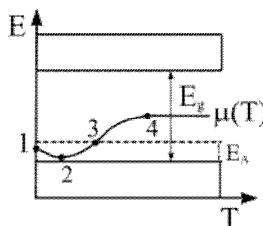
1. Энергией активации собственной проводимости называется

- 1) энергия, которую необходимо сообщить электрону для перевода его с донорного уровня в зону проводимости;
- 2) энергия, которую необходимо сообщить электрону для перевода его из валентной зоны в зону проводимости;
- 3) энергия, которую необходимо сообщить электрону для перевода его из валентной зоны на акцепторный уровень;
- 4) энергия, которая выделяется при рекомбинации электрона с дыркой.

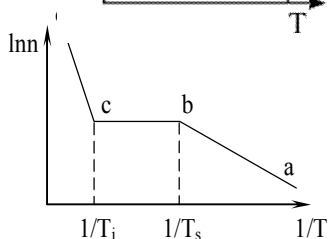
2. Если кристалл состоит из N атомов, то разность между числом подуровней, из которых состоит зона $3d$ и $4s$, равна

- 1) N 2) $2N$ 3) $4N$ 4) $7N$

3. Какая точка на кривой температурной зависимости уровня Ферми в полупроводнике p -типа соответствует температуре истощения примесей?



4. На рисунке представлена зависимость логарифма концентраций распределения электронов в зоне проводимости от обратной температуры. На участке cd концентрация носителей изменяется по закону



- 1) $n \sim p \sim e^{-E_g / 2kT}$ 2) $n \sim e^{-E_d / 2kT}$ 3) $p \sim e^{-E_A / 2kT}$ 4) $n \approx N_d$

5. Красная граница фотопроводимости в полупроводнике n -типа описывается формулой

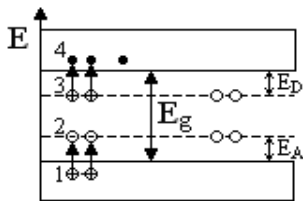
- 1) $\lambda = hc / E_d$ 2) $\lambda = hc / E_g$ 3) $\lambda = hc / E_a$ 4) $\lambda = hc / eU$

**4.2. Контрольные задания к лабораторным работам:
 №3.08. «Изучение явления испускания света
 полупроводниками»; №3.10. «Изучение выпрямляющих
 свойств полупроводниковых диодов»**

Вариант 1

1. Образование $p-n$ перехода. Зонная диаграмма $p-n$ перехода в состоянии равновесия.

2. Какой цифрой обозначены носители, которые являются неосновными для полупроводника n – типа?

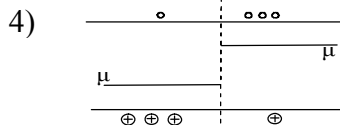
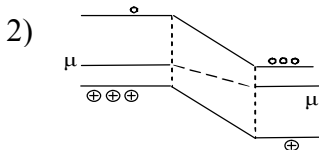
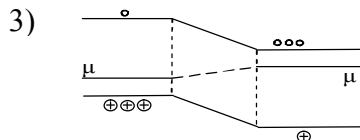
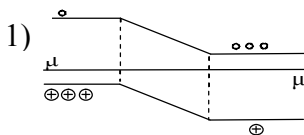


3. Дать определение вентильного фотоэффекта.

4. Обратный ток в $p-n$ -переходе обусловлен

- 1) только электронами
- 2) только дырками
- 3) основными носителями тока
- 4) неосновными носителями тока

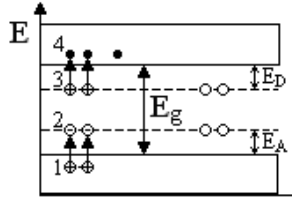
5. Какая зонная диаграмма соответствует равновесному состоянию $p-n$ перехода?



Вариант 2

1. Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода. Коэффициент выпрямления.

2. Какой цифрой обозначены носители, которые являются основными для полупроводника n-типа?



3. Чему равна энергия фотона, испускаемого в результате рекомбинации пары «электрон-дырка»?

4. Какая из представленных формул описывает диффузионный ток в p-n переходе?

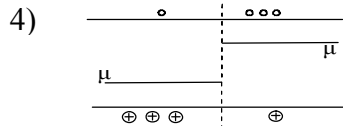
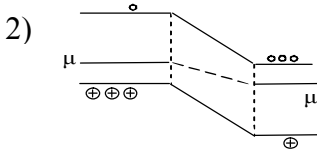
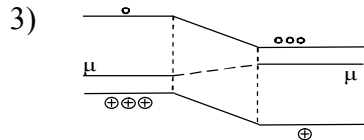
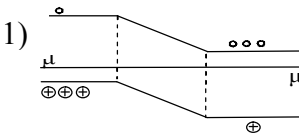
1) $i = i_{\text{нас}} (e^{eU/kT} - 1)$

2) $i = i_{\text{нас}} (e^{-eU/kT} - 1)$

3) $i = i_{\text{нас}} (e^{\pm eU/kT} - 1)$

4) $i_{\text{нас}} = i_{\text{нс}} + i_{\text{пс}}$

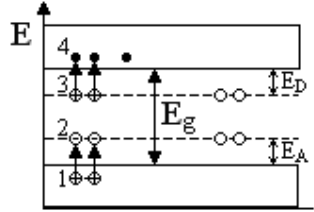
5. Какая зонная диаграмма соответствует включению p-n перехода в обратном направлении?



Вариант 3

1. Основные методы получения *p-n*-перехода.

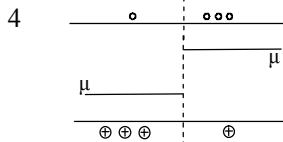
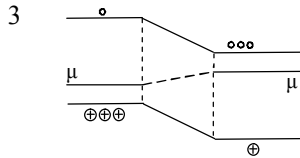
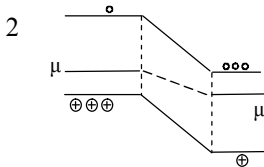
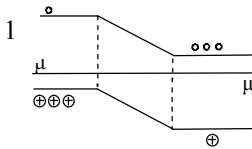
2. Какой цифрой обозначены носители, которые являются основными для собственного полупроводника?



3. От чего зависит диапазон излучения светодиода?

4. Почему при обратном включении диода увеличивается ширина запирающего слоя?

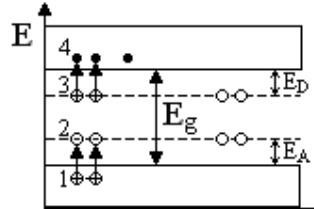
5. Какая зонная диаграмма соответствует включению *p-n* перехода в прямом направлении?



Вариант 4

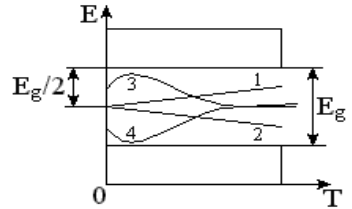
1. Механизм возникновения запирающего слоя в $p-n$ -переходе.

2. Какой цифрой обозначены носители, которые являются не основными для полупроводника p -типа?



3. Если на $p-n$ -переход подать прямое смещение, равное $U_0 = \Delta E/e$, то чему будет равна длина волны испускаемого излучения?

4. Какая кривая описывает температурную зависимость уровня Ферми в полупроводнике n -типа?

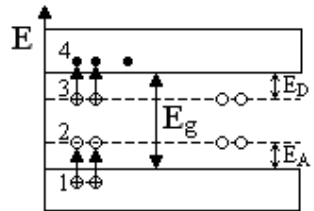


5. Что такое коэффициент выпрямления диода? Как влияет температура на коэффициент выпрямления?

Вариант 5

1. Объясните механизм односторонней проводимости $p-n$ -перехода.

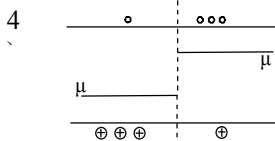
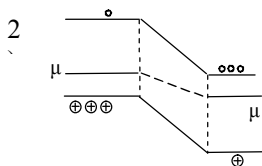
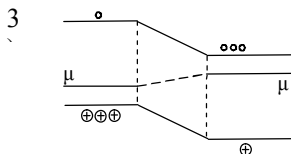
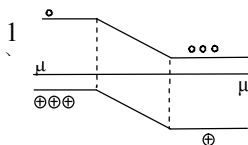
2. Какой цифрой обозначены носители, которые являются основными для полупроводника p -типа?



3. Назовите преимущества применения светодиодов.

4. Чем обусловлен прямой и обратный ток в р-п-переходе?

5. Какая зонная диаграмма соответствует включению р-п-перехода в прямом направлении?



5. ФИЗИКА ЯДРА. РАДИОАКТИВНОСТЬ.

Теоретический минимум

- Состав ядра. Нуклоны. Заряд, размеры и масса атомного ядра. Массовое и зарядовое число. Изотопы.
- Свойства и природа ядерных сил. Дефект массы и энергия связи в ядре. Устойчивость ядер. Капельная и оболочечная модели ядра.
- Естественная и искусственная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Период полураспада.
- Основные характеристики α -, β -распада, γ -излучения. Правила смещения.
- Понятие о ядерных реакциях. Законы сохранения в ядерных реакциях. Тепловой эффект ядерных реакций. Реакции деления и синтеза.
- Механизмы ослабления γ -лучей при прохождении вещества. Коэффициент ослабления γ -лучей.

Контрольные задания к лабораторным работам

- №3.16. «Исследование поглощения β -частиц в различных материалах»; №3.17. «Определение длины пробега α - частиц в воздухе»; №3.18. «Определение интенсивности потока частиц радиоактивного излучения»

Вариант 1

1. Состав ядра. Нуклоны. Дефект массы и энергия связи ядра. Охарактеризуйте свойства и особенности сил, действующих между составляющими ядро нуклонами.
2. Сколько α - и β -распадов должно произойти, чтобы америция ${}_{95}^{241}\text{Am}$ превратился в стабильный изотоп висмута ${}_{83}^{209}\text{Bi}$?

3. Определите, во сколько раз начальное количество ядер радиоактивного изотопа уменьшится за три года, если за один год оно уменьшилось в 4 раза.

4. Найти количество полония ${}_{84}^{216}\text{Po}$, активность которого равна $A_0 = 3.7 \cdot 10^{10}$ Бк.

5. Определите энергию, выделяющуюся в результате реакции ${}_{12}^{23}\text{Mg} \rightarrow {}_{11}^{23}\text{Na} + {}_1^0\text{e} + {}_0^0\nu$. Массы нейтральных атомов магния и натрия соответственно равны $3,8184 \cdot 10^{-26}$ кг и $3,8177 \cdot 10^{-26}$ кг.

Вариант 2

1. Бета-распад и его разновидности. Известно, что β -активные ядра обладают до распада и после него вполне определенными энергиями, в то же время энергетический спектр β -частиц является непрерывным. Объясните непрерывность энергетического спектра испускаемых электронов.

2. Энергия связи $E_{св}$ ядра, состоящего из трех протонов и четырех нейтронов, равна $39,3 \text{ МэВ}$. Определите массу m нейтрального атома, обладающего этим ядром.

3. Определите период полураспада радиоактивного изотопа, если $5/8$ начального количества ядер этого изотопа распалось за время $t = 849 \text{ с}$.

4. Найти активность A_0 полония ${}_{84}^{210}\text{Po}$ массой $m = 1 \text{ мкг}$.

5. Определите, выделяется или поглощается энергия при ядерной реакции ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_1^1\text{H} + {}_8^{17}\text{O}$. Массы ядер, участвующих в реакции:

$$m_{{}_7^{14}\text{N}} = 2,3253 \cdot 10^{-26} \text{ кг}, \quad m_{{}_2^4\text{He}} = 6,6467 \cdot 10^{-27} \text{ кг},$$

$$m_{{}_1^1\text{H}} = 1,6736 \cdot 10^{-27} \text{ кг}, \quad m_{{}_8^{17}\text{O}} = 2,8229 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$$

Вариант 3

1. Механизм и основные характеристики α -распада. Тонкая структура α -распада. Гамма-излучение и механизмы его ослабления при прохождении вещества.

2. При отрыве нейтрона от ядра гелия ${}^4_2\text{He}$ образуется ядро ${}^3_2\text{He}$. Определите энергию связи, которую необходимо для этого затратить. Масса нейтральных атомов ${}^4_2\text{He}$ и ${}^3_2\text{He}$ соответственно равна $6,6467 \cdot 10^{-27}$ кг и $5,0084 \cdot 10^{-27}$ кг.

3. Период полураспада радиоактивного изотопа актиния ${}^{225}_{89}\text{Ac}$ составляет 10 сут. Определите время, за которое распадется 1/3 начального количества ядер актиния.

4. Найти удельную активность A_0 искусственно полученного радиоактивного изотопа стронция ${}^{90}_{38}\text{Sr}$.

5. В ядерной реакции ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ выделяется энергия $\Delta E = 3,27 \text{ МэВ}$. Определите массу атома ${}^3_2\text{He}$, если масса атома ${}^2_1\text{H}$ равна $3,34461 \cdot 10^{-27}$ кг.

Вариант 4

1. Естественная и искусственная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Период полураспада. Активность препарата и единицы её измерения.

2. Определите, сколько β - и α -частиц выбрасывается при превращении ядра таллия ${}^{210}_{81}\text{Tl}$ в ядро свинца ${}^{206}_{82}\text{Pb}$.

3. Определите массу изотопа ${}^{15}_7\text{N}$, если изменение массы при образовании ядра ${}^{15}_7\text{N}$ составляет $0,2058 \cdot 10^{-27}$ кг.

4. В ампулу помещен радон, активность которого $A_0 = 14,8 \cdot 10^9 \text{ Бк}$. Через какое время t после наполнения ампулы активность радона будет равна: $A(t) = 2,22 \cdot 10^9 \text{ Бк}$?

5. Определите, является ли реакция ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^7_4\text{Be} + {}^1_0\text{n}$ экзотермической или эндотермической. Определите энергию ядерной реакции.

Вариант 5

1. Разновидности и механизмы β -распада. Как объяснить непрерывность энергетического спектра β -частиц?

2. Какой изотоп образуется из ядра тория ${}^{232}_{90}\text{Th}$ после четырех α -распадов и двух β -распадов?

3. Какую наименьшую энергию нужно затратить, чтобы разделить на отдельные нуклоны ядро ${}^7_3\text{Li}$ ($m_A=7,01601$ а.е.м.)?

4. Найти массу m радона ${}^{222}_{86}\text{Rn}$, активность которого $A_0=3,7 \cdot 10^{10}$ Бк. Период полураспада изотопа $T_{1/2}=3,8$ сут.

5. Определите, поглощается или выделяется энергия при ядерной реакции ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$. Определите эту энергию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трофимова, Т.И. Курс физики [Текст]: учеб. пособие для вузов / Т.И. Трофимова. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. - 560 с.

2. Детлаф, А.А. Курс физики [Текст] : учеб. пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. - М. : Высшая школа, 1989. - 608 с.

3. Савельев, И.В. Курс общей физики: в 5-и кн.: кн. 5: Квантовая оптика Атомная физика Физика твердого тела Физика атомного ядра: [Текст]: учеб. пособие для втузов / И.В. Савельев. - М.: АСТ: Астрель, 2006.- 196 с.

4. Трофимова Т. И. Сборник задач по курсу физики с решениями [Текст]: учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова, З.Г. Павлова — М.: Высш. шк., 2004.— 591 с.

5. Методические указания к лабораторным работам №210-2010 «Квантовая физика» [Текст] / ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А. Г. Москаленко, А.Д. Груздев, О.С. Хабарова, Е.П. Татьяна. Воронеж, 2014. 44 с.

6. Методические указания к лабораторным работам №43-2014 «Физика атома и ядра» [Текст] / ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А. Г. Москаленко, Т.Л. Тураева, О.С. Хабарова, Е.П. Татьяна, М.Н. Гаршина, А.А. Долгачев, Н.В. Матовых. Воронеж, 2014. 34 с.

7. Методические указания к лабораторным работам №202-2007 «Полупроводники» / ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.Г. Москаленко, Н.В. Матовых, М.Н. Гаршина, А.А. Долгачев, Е.П. Татьяна, Воронеж, 2007. 40 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ	1
Контрольные задания к лабораторной работе	
№3.01. «Определение температуры оптическим пирометром»	1
2. ФОТОЭФФЕКТ	5
Контрольные задания к лабораторным работам	
№3.02. «Исследование внешнего фотоэффекта»;	
№3.03. «Исследование фотоэлемента»	5
3. АТОМ ВОДОРОДА	9
Контрольные задания к лабораторным работам	
№3.04. «Изучение спектра атома водорода»;	
№ 3.05. «Измерение первого потенциала возбуждения атома криптона методом Франка-Герца»	9
4. ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ	12
4.1. Контрольные задания к лабораторным работам	
№3.06. «Изучение эффекта Холла в полупроводниках»;	
№3.07. «Определение энергии активации примеси в полупроводниках»;	
№3.09 «Изучение фотопроводимости в полупроводниках» ...	13
4.2. Контрольные задания к лабораторным работам	
№3.08. «Изучение явления испускания света полупроводниками»;	
№3.10. «Изучение выпрямляющих свойств полупроводниковых диодов»	18
5. ФИЗИКА ЯДРА. РАДИОАКТИВНОСТЬ.....	23
Контрольные задания к лабораторным работам	
№3.16. «Исследование поглощения β -частиц в различных материалах»;	
№3.17. «Определение длины пробега α -частиц в воздухе»;	
№3.18. «Определение интенсивности потока частиц радиоактивного излучения»	23
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	27

КВАНТОВАЯ ОПТИКА. ФИЗИКА АТОМОВ И ЯДЕР.
ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
для зачета по лабораторным работам
по дисциплине «Физика»
для студентов всех направлений и специальностей
очной формы обучения

Составители:
Москаленко Александр Георгиевич
Гаршина Мария Николаевна
Татьянина Елена Павловна
Тураева Татьяна Леонидовна
Ремизова Оксана Ивановна

В авторской редакции

Подписано к изданию 25.02.2015
Уч.-изд. л. 1,7.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14