

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

№3.01 Определение температуры оптическим пирометром

Теоретический минимум

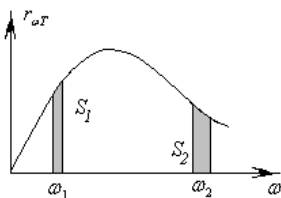
- Тепловое излучение. Испускательная и поглощательная способность. Энергетическая светимость.
- Закон Кирхгофа. Физический смысл универсальной функции Кирхгофа.
- Абсолютно черное тело. Спектр и законы излучения абсолютно черного тела.
- Формула Релея-Джинса. Ультрафиолетовая катастрофа.
- Квантовая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

Контрольные задания

Вариант 1

1. Дать определение и указать единицу измерения в СИ энергетической светимости тела R .
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 ($\lambda_\phi = 0,38\text{мкм}$)?

4. На графике, представляющем универсальную функцию Кирхгофа, выделены два узких участка, площади которых равны. Одинакова ли для абсолютно черного тела на указанных частотах ω_1 и ω_2 :



а) испускательная способность $r_{\omega T}$;

б) энергетическая светимость $\Delta R_{\omega T}^*$?

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

Вариант 2

1. Дать определение и указать единицу измерения в СИ испускательной способности тела $r_{\lambda T}$. Чему равна испускательная способность абсолютно черного тела и идеально отражающей поверхности?

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 $N = 10$ кВт, его излучающая поверхность $S=5$ см². На какую длину волны приходится максимум испускательной способности тела?

4. Температура вольфрамовой спирали в 25-ваттной электрической лампочке $T=2450$ К, площадь ее излучающей поверхности $S=0,4$ см². 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 600 нм.

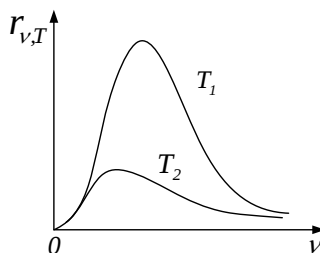
Вариант 3

1. Дать определение и указать единицу измерения в СИ поглощательной способности тела $a_{\lambda T}$. Чему равна поглощательная способность абсолютно черного тела и идеально отражающей поверхности?

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

3. Если температура абсолютно черного тела увеличится от температуры 300К до 600К, 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 ?

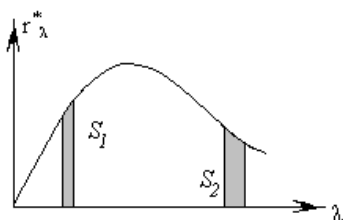


5. Муфельная печь, потребляющая мощность 1 кВт, имеет отверстие площадью 100 см². Определить долю мощности, рассеиваемой стенками печи, если температура ее внутренней поверхности равна 1 кК.

Вариант 4

1. Чему равна испускательная способность тела, если известна его поглощательная способность?

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 .

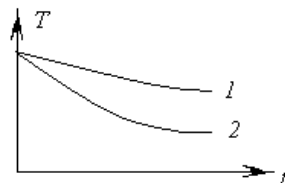
5. Из смотрового окошечка печи излучается поток $\Phi = 4$ кДж/мин. Определить температуру печи, если площадь излучающей поверхности $S = 8$ см².

Вариант 5

1. Чему равна поглощательная способность тела, если известна его испускательная способность?

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

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



$$1) a_1 = a_2 \quad 2) a_1 > a_2 \quad 3) a_1 < a_2$$

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

- а) поток энергии поглощаемый участком $\Phi_{\text{пог}}$;
- б) отраженный им поток $\Phi_{\text{отр}}$;
- в) полный поток $\Phi_{\text{пол}}$, распространяющийся от участка.

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

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

№3.02 Исследование внешнего фотоэффекта

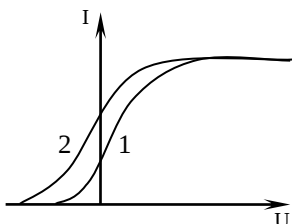
№3.03 Исследование фотоэлемента

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

Вариант 1



1. Два фотокатода освещаются одним и тем же источником света. По виду вольт - амперных характеристик сравните работы выхода электронов из металлов

- 1) $A_1 = A_2$ 2) $A_1 > A_2$ 3) $A_1 < A_2$

2. Как изменится кинетическая энергия фотоэлектронов при увеличении светового потока в 2 раза?

3. Изобразить зависимость максимальной кинетической энергии $T_{\max}$ фотоэлектронов от частоты ω света. Работа выхода электрона из металла равна A .

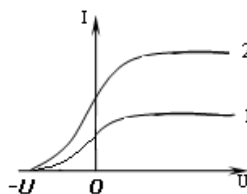
4. Если работа по полному торможению фотоэлектронов электрическим полем равна работе выхода A , то какова частота квантов, вызывающих фотоэффект?

5. Фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов $U = 1\text{В}$. Чему равна скорость фотоэлектронов?

Вариант 2

1. Катод освещают светом, одинаковой частоты. По виду вольтамперных характеристик сравните освещенности катода

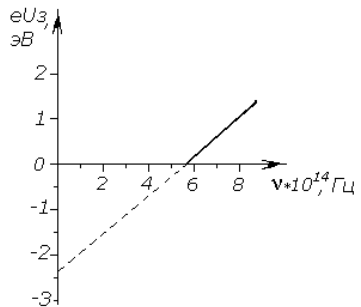
- 1) $E_1 = E_2$ 2) $E_1 > E_2$ 3) $E_1 < E_2$



2. Как изменится запирающее напряжение, если частоту света увеличить в 2 раза ?
3. Определить длину волны красной границы фотоэффекта для цезия (работа выхода $A=1,9$ 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 в волне.
5. Определить максимальную скорость фотоэлектронов, вылетающих из меди ($A_{\text{вых}}=4,5$ эВ) под действием γ -излучения с длиной волны $\lambda=0,3$ нм.

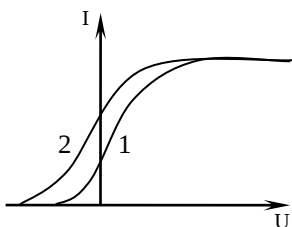
Вариант 3

1. Определить по графику красную границу λ_0 фотоэффекта для металла.



2. Как изменится максимальная скорость фотоэлектронов, если частоту света увеличить в 2 раза ?
3. Фотоны с энергией $E = 5$ эВ вырывают фотоэлектроны из металла с работой выхода $A = 4,7$ эВ. Каков максимальный

импульс (в кг·м/с), передаваемый поверхности этого металла при вылете электрона?

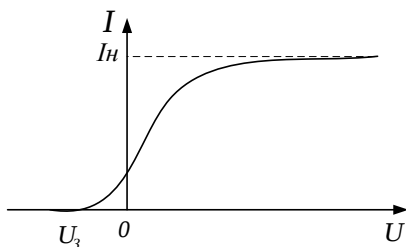
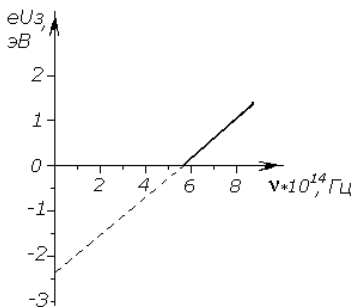


4. Два фотокатода освещаются одним и тем же источником света. По виду вольт - амперных характеристик сравните работы выхода электронов из металлов.

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

Вариант 4

1. Оценить по графику работу выхода электрона из металла М в эВ.



2. Как с помощью вольт-амперной характеристики фотоэлемента определить число n электронов, выбиваемых светом с поверхности катода в единицу времени?

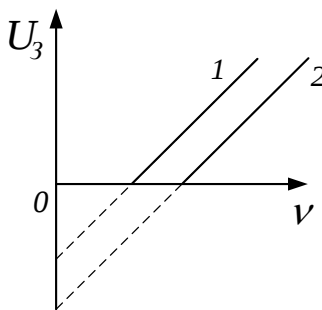
3. Определить длину волны красной границы фотоэффекта для меди (работа выхода $A=4,5$ эВ).

4. Как изменится вид вольт-амперной характеристики фотоэлемента, если при неизменном спектральном составе волны увеличится в два раза ее полный световой поток?

5. До какого потенциала можно зарядить удаленный от других тел цинковый шарик, облучая его ультрафиолетовым излучением с длиной волны $\lambda = 200$ нм?

Вариант 5

1. 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?



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

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

4. При освещении вакуумного фотоэлемента монохроматическим светом с длиной волны $\lambda_1 = 400$ нм он заряжается до разности потенциалов $U_1 = 2$ В. До какой разности потенциалов зарядится фотоэлемент при освещении его монохроматическим светом с длиной волны $\lambda_1 = 300$ нм?

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.04

Изучение спектра атома 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

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 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 выделяться при переходе электрона в одно из низших состояний. Какое это состояние?

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

№3.07 Определение энергии активации примеси в полупроводниках.

№3.08 Изучение явления испускания света полупроводниками

№3.09 Изучение фотопроводимости в полупроводниках

№3.10 Изучение выпрямляющих свойств полупроводниковых диодов

Теоретический минимум

- Зонная теория твердых тел. Образование и характеристики энергетических зон в кристаллах. Заполнение энергетических зон электронами. Металлы, диэлектрики, полупроводники.
- Механизм собственный и примесной проводимости полупроводников. Энергетические диаграммы собственных и примесных полупроводников.
- Полупроводники р- и n- типов. Энергетические диаграммы полупроводников р 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 р-n перехода. Зонная диаграмма р-n перехода в состоянии равновесия и в режимах прямого и обратного напряжения.
- Вольтамперная характеристика полупроводникового диода. Коэффициент выпрямления. Применение полупроводниковых диодов
- Фотопроводимость полупроводников. Красная граница собственной и примесной фотопроводимости.
- Светодиод. Излучение светодиодов. Применение светодиодов.

Контрольные задания

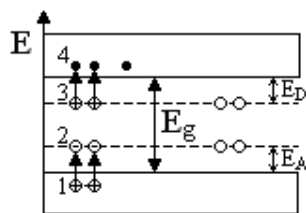
Вариант 1

1. 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?

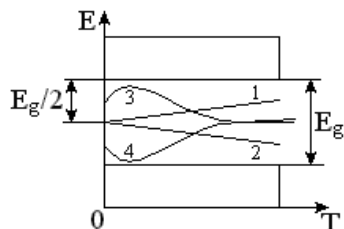
2. Какой цифрой обозначены носители, которые являются основными для полупроводника p – типа?

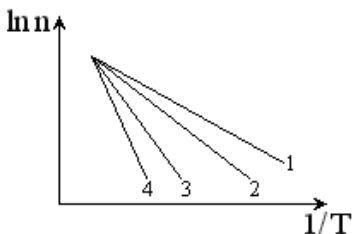


3. Если число образующих кристалл атомов увеличить в 3 раза, то число подуровней, из которых состоит $2p$ - зона

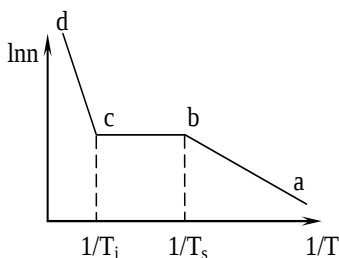
- 1) не изменится
- 2) увеличится в 3 раза
- 3) увеличится в 6 раз
- 4) увеличится на 3 уровня

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





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



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

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

7. Красная граница фотопроводимости в собственном полупроводнике описывается формулой

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

8. Обратный ток в p-n переходе обусловлен

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

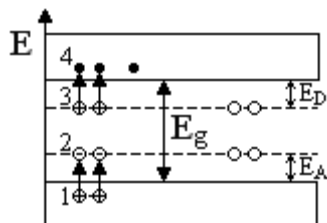
Вариант 2

1. 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 р – типа?

2. Какой цифрой обозначены носители, которые являются основными для полупроводника п – типа?

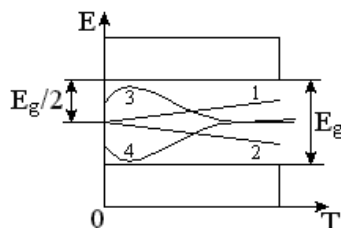


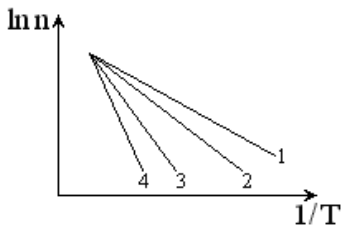
3. Если число образующих кристалл атомов увеличить в 3 раза, то число электронов, которое может вместить 2р - зона

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

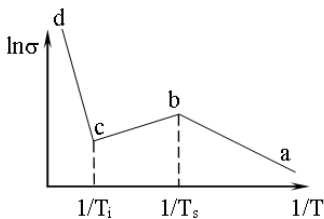
где N – первоначальное число атомов

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





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



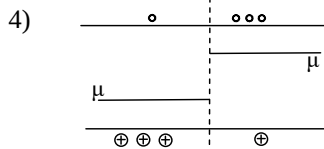
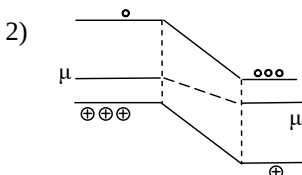
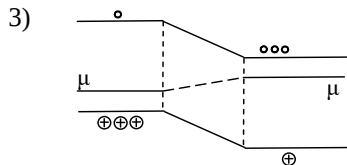
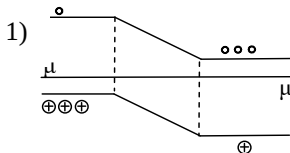
6. На рисунке приведена зависимость логарифма электропроводности примесного полупроводника n-типа от обратной температуры. В области низких температур электропроводность описывается формулой

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

7. 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) $\lambda = hc / eU$

8. Какая зонная диаграмма соответствует включению p-n перехода в прямом направлении



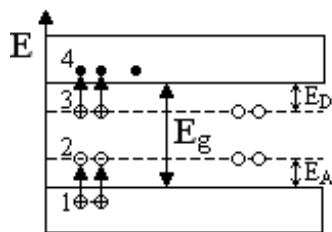
Вариант 3

1. 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?

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



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

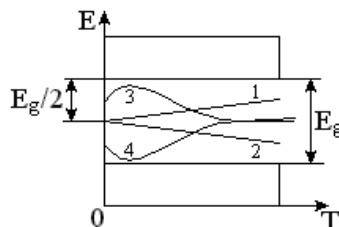
1) $6N$

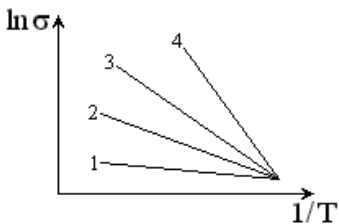
2) $10N$

3) $14N$

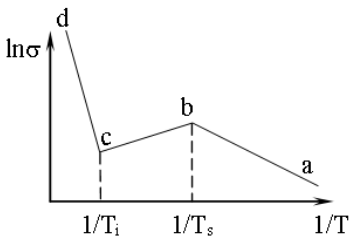
4) $18N$

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





5. На рисунке приведена зависимость логарифма проводимости примесных полупроводников от обратной температуры. Какому образцу соответствует наибольшая энергия активации примеси?



6. 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) $\sigma \sim \exp(-E_d/2kT)$

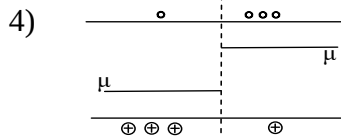
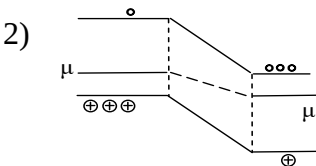
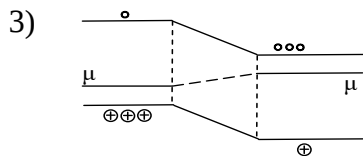
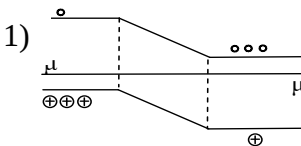
3) $\sigma \sim \exp(-E_A/2kT)$

4) $\sigma \sim T^{-3/2}$

7. 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) $\lambda = hc / eU$

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



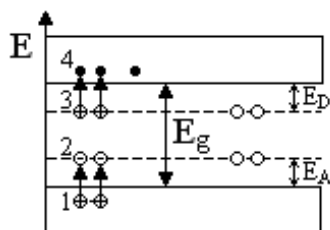
Вариант 4

1. 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?

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



3. Максимальное число электронов может вместить энергетическая зона

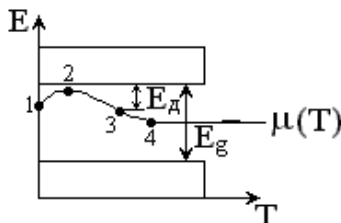
1) 2p

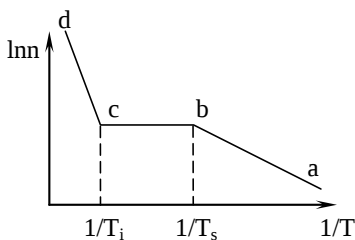
2) 3d

3) 4f

4) 5s

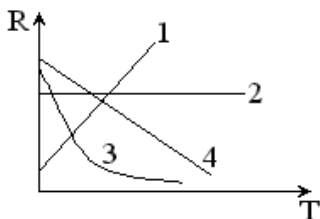
4. Какая точка на кривой температурной зависимости уровня Ферми в полупроводнике n-типа соответствует температуре истощения примесей?





5. На рисунке представлена зависимость логарифма концентраций распределения электронов в зоне проводимости от обратной температуры. На участке аб 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) $n \approx N_d$



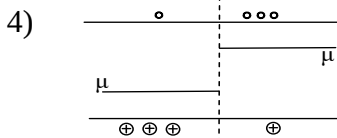
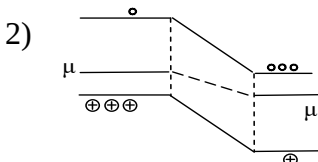
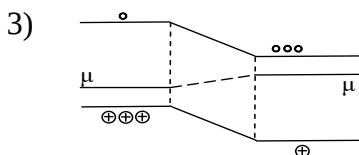
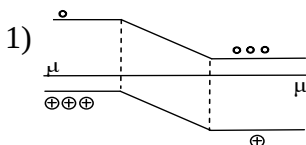
6. Какой график соответствует температурной зависимости сопротивления полупроводника?

7. . Интегральная чувствительность фотосопротивления определяется по формуле

- 1) $k = \frac{J_\phi}{\Phi}$; 2) $k = \frac{J_{св} - J_T}{\Phi U}$; 3) $k = \frac{J_{св}}{\Phi}$; 4) $k = \frac{J_{св}}{\Phi U}$.

Здесь J_ϕ – сила фототока, $J_{св}$ – сила светового тока, J_T – сила темнового тока, U – приложенное напряжение.

8. Какая зонная диаграмма соответствует равновесному состоянию p-n перехода

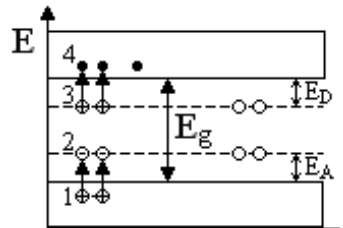


Вариант 5

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.

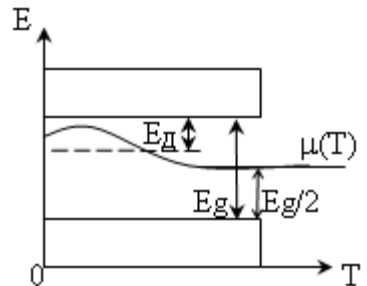
2. Какой цифрой обозначены носители, которые являются неосновными для полупроводника n – типа?



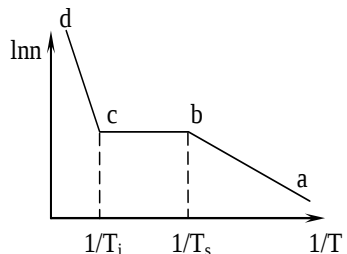
3. Если кристалл состоит из N атомов, то разность между числом подуровней, из которых состоит зона $3d$ и $4s$, равна

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

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



5. На рисунке представлена зависимость логарифма концентраций распределения электронов в зоне проводимости от обратной



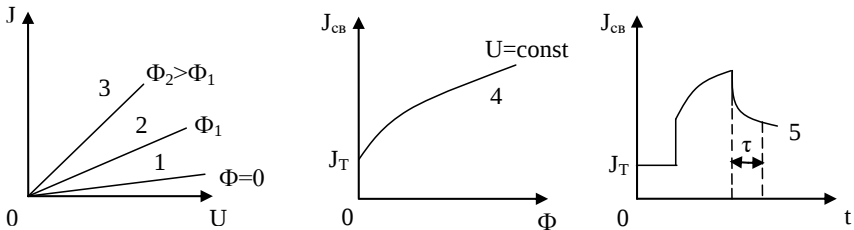
температуры. На участке cd концентрация носителей изменяется по закону

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

6. 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

7. Результаты какой кривой используются для расчета темного сопротивления ФС ?



8. Какая из представленных формул

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) $i_{\text{нас}} = i_{\text{ns}} + i_{\text{ps}}$

описывает диффузионный ток в p-n переходе?

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

№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

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.
- Космические лучи. Устройство и принцип действия счетчика Гейгера-Мюллера.
- Виды фундаментальных взаимодействий. Переносчики фундаментальных взаимодействий.
- Элементарные частицы и их характеристики. Классы элементарных частиц.
- Механизмы ослабления γ -лучей при прохождении вещества. Коэффициент ослабления γ -лучей.

Контрольные задания

Вариант 1

1. Охарактеризуйте свойства и особенности сил, действующих между составляющими ядро нуклонами.

2. Реакция распада электрона по схеме $e^- \rightarrow \gamma + \gamma + \tilde{\nu}$ невозможна вследствие невыполнения закона сохранения

1. лептонного заряда
2. электрического заряда
3. энергии

3. Сколько α - и β -распадов должно произойти, чтобы америция ${}_{95}^{241}\text{Am}$ превратился в стабильный изотоп висмута ${}_{83}^{209}\text{Bi}$

4. Какую наименьшую энергию связи нужно затратить, чтобы разделить ядро ${}_2^4\text{He}$ на две одинаковые части?

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

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

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

Вариант 2

1. 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. Реакция $n \rightarrow p + e^+ + \nu_e$ не может идти из-за нарушения закона сохранения

1. электрического заряда
2. барионного заряда
3. лептонного заряда
4. спинového момента импульса

3. Сколько α - и β -распадов должно произойти, чтобы америция ${}^{227}_{89}\text{Ac}$ превратился в стабильный изотоп висмута ${}^{207}_{82}\text{Pb}$

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

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

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

7. Определите, выделяется или поглощается энергия при ядерной

реакции ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^{17}_8\text{O}$. Массы ядер, участвующих в реакции: $m_{{}^{14}_7\text{N}} = 2,3253 \cdot 10^{-26}$ кг, $m_{{}^4_2\text{He}} = 6,6467 \cdot 10^{-27}$ кг, $m_{{}^1_1\text{H}} = 1,6736 \cdot 10^{-27}$ кг, $m_{{}^{17}_8\text{O}} = 2,8229 \cdot 10^{-27}$ кг.

Вариант 3

1. Механизм и основные характеристики α -распада. Тонкая структура α -распада.

2. Нуклоны в ядре взаимодействуют посредством обмена виртуальными частицами. Процесс их образования соответствует схеме...

$$1) n \leftrightarrow n + \pi^-$$

$$2) n \leftrightarrow p + \pi^+$$

$$3) p \leftrightarrow p + \pi^+$$

$$4) n \leftrightarrow p + \pi^-$$

3. Какой изотоп образуется из ${}^{238}_{92}\text{U}$ после трех α -распадов и двух β -распадов?

4. 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.

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

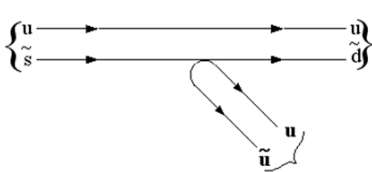
6. Найти удельную активность A_0 искусственно полученного радиоактивного изотопа стронция ${}^{90}_{38}\text{Sr}$.

7. В ядерной реакции ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ выделяется энергия $\Delta E = 3,27$ 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.

2. На рисунке показана диаграмма распада K^+ -мезона. Эта диаграмма соответствует реакции ...



1. $K^+ \leftrightarrow \pi^- + \pi^0$
2. $K^+ \leftrightarrow \pi^+ + \pi^-$
3. $K^+ \leftrightarrow \pi^+ + \pi^0$

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

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

5. Сколько атомов полония распадается за сутки из одного миллиона атомов? Период полураспада для полония составляет $T_{1/2} = 138$ сут.

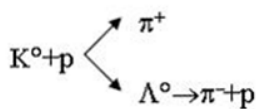
6. В ампулу помещен радон, активность которого $A_0 = 14,8 \cdot 10^9$ Бк. Через какое время t после наполнения ампулы активность радона будет равна: $A(t) = 2,22 \cdot 10^9$ Бк?

7. 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. Космические лучи. Устройство и принцип действия счетчика Гейгера-Мюллера.

2. Взаимодействие K^0 -мезона с протонами в водородной пузырьковой камере идет по схеме. Если спин π -мезона $S_\pi=0$, то характеристиками K^0 -мезона будут...



1) $q > 0; S = \frac{1}{2}$ 2) $q = 0; S = \frac{1}{2}$ 3) $q = 0; S = 0$

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

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

5. Период полураспада $T_{1/2}$ радиоактивного нуклида равен 1 ч. Определить среднюю продолжительность τ жизни этого нуклида.

6. 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.

7. 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. Савельев И.В. Курс общей физики. Том 3. М.: наука, 1982. - 304 с.
2. Детлаф А.А., Яворский В.М., Курс физики. М.: Высшая школа, 1989. - 608 с.
3. Трофимова Т.И., Курс физики. М.: Высшая школа, 1997. - 542 с.
4. Нерсесов Э.А. Основные законы атомной и ядерной физики., М.: Высшая школа, 1988. 340 с.
5. Квантовая физика. Методические указания к лабораторным работам по физике для студентов всех специальностей и всех форм обучения /ВГТУ4 Сост. С.А. Антипов, А.В. Бугаков, А.А. Долгачев и др., 1998.-51 с., №124-98.
6. Квантовая физика:Сб. задач / Под ред.Е. Н. Котликова и Н. П. Лавровской; СПбГУАП. СПб., 2004. 55 с.: ил.
7. Анищенко И.А., Задерновский А.А., Зверев М.М., Любезнова Т.Ю., Магницкий Б.В., Фетисов Ю.К. Оптика и атомная физика. Учебное пособие по решению задач по физике для студентов вечернего отделения /Моск. гос. ин-т радиотехники, электроники и автоматики (технический университет) -М., 2002. - 67 с.
8. Трофимова Т. И., Павлова З. Г. Сборник задач по курсу физики с решениями: Учеб. пособие для вузов.— М.: Высш. шк., 1999.— 591 с: ил.