

8. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 6.

ВАРИАНТ № 1

1. Удельная проводимость беспримесного полупроводника равна $112 \text{ (Ом}\cdot\text{м)}^{-1}$. Определить подвижность дырок и их концентрацию, если постоянная Холла $R_H = 3,66 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{Кл}$. Принять, что полупроводник обладает только дырочной проводимостью.
2. Определить концентрацию n свободных электронов в металле при температуре $T = 0\text{К}$. Энергию Ферми принять равной 4 эВ.
3. Сколько атомов радия распадется за минуту в 1 г препарата радия? Период полураспада радия $\tau_{1/2} = 1660$ лет, атомная масса 226.

4. Определить энергию связи нуклонов в ядре изотопа гелия. ${}^4_2\text{He}$. Масса нейтрона 1,008665 а.е.м.; масса протона 1,007825 а.е.м.; масса α -частицы 4,00149 а.е.м.
5. Вычислить энергию α -частицы, испускаемой изотопом урана ${}^{235}_{92}\text{U}$, если препарат урана активностью 0,02 Ки, помещенный в калориметр, вызывает повышение температуры на $0,46^\circ\text{C}$ в час. Теплоемкость калориметра 1 кал/град.
6. В некоторых ториевых рудах ${}^{232}_{90}\text{Th}$ содержится примесь только одного изотопа свинца ${}^{208}_{82}\text{Pb}$, предполагая, что весь свинец образовался в результате распада тория, определить возраст ториевой руды, если на каждый грамм тория, содержащегося в руде, приходится 0,022 г свинца. Период полураспада тория составляет $1,99 \cdot 10^{10}$ лет.
7. Определить постоянную распада, период полураспада и среднее время жизни некоторого вещества, если известно, что за сутки интенсивность испускаемого им γ -излучения уменьшилась на 30%. Продукт распада не радиоактивен.
8. На какую глубину в пластинку алюминия проникает α -частица имеющая энергию 6,2 МэВ? Плотность алюминия $2,7 \text{ г/см}^3$.

ВАРИАНТ № 2.

1. Определить ширину запрещенной зоны собственного (беспримесного) полупроводника, если при температуре $T_1=25^\circ\text{C}$ сопротивление 5000 Ом, а при $T_2=80^\circ\text{C}$ его сопротивление всего 700 Ом.
2. Удельная проводимость беспримесного полупроводника равна $89,3 \text{ (Ом}\cdot\text{м)}^{-1}$. Определить подвижность дырок и их концентрацию, если постоянная Холла $R_H=3,89 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{Кл}$. Принять, что полупроводник обладает только дырочной проводимостью.
3. Какое количество радиоактивного элемента останется не распавшимся по истечении 2, 5, 10 периодов полураспада?
4. Период полураспада радия ${}^{226}\text{Ra}$ составляет 1660 лет. Вычислить среднюю продолжительность жизни атомов радия и вероятность для одного атома распасться в течение 1 года.

5. Определить энергию связи нуклонов в ядре изотопа бора. ${}^{10}_5\text{B}$. Масса нейтрона 1,008665 а.е.м.; масса протона 1,007825 а.е.м.; массу ядра бора определить по справочным данным.
6. Вычислить энергию α - частицы, испускаемой изотопом радия ${}^{226}_{88}\text{Ra}$, если препарат радия активностью 0,02 Ки, помещенный в калориметр, вызывает повышение температуры на $0,49^\circ\text{C}$ в час. Теплоемкость калориметра $1 \text{ кал}/^\circ\text{C}$.
7. Анализ изотопного состава свинца некоторой горной породы показал, что на каждые 10,2 г изотопа урана ${}^{238}_{92}\text{U}$, содержащегося в породе, приходится 0,8 г радиогенного (т.е. образовавшегося за счёт распада урана) изотопа свинца ${}^{206}_{82}\text{Pb}$. Определить возраст этой горной породы. Период полураспада ${}^{238}_{92}\text{U}$ составляет $4,5 \cdot 10^9$ лет.
8. На какую глубину в пластинку, изготовленную из меди, проникает α - частица имеющая энергию 4,2 МэВ? Плотность меди составляет $8,9 \text{ г}/\text{см}^3$.

ВАРИАНТ № 3

1. Определить концентрацию n свободных электронов в металле при температуре $T = 0\text{К}$. Энергию Ферми принять равной 1эВ .
2. Определить энергию связи нуклонов в ядре изотопа гелия ${}^3_2\text{He}$. Масса нейтрона $1,008665\text{ а.е.м.}$; масса протона $1,007825\text{ а.е.м.}$; массу ядра изотопа гелия определить по справочным данным.
3. Сколько атомов распадется за год в 1 г урана ${}^{238}\text{U}$? (Период полураспада ${}^{238}\text{U}$ $4,5 \cdot 10^9$ составляет лет?)
4. Период полураспада радия ${}^{226}\text{Ra}$ составляет 1660 лет. Вычислить среднюю продолжительность жизни атомов радия и вероятность для одного атома распасться в течение 1 года.
5. Вычислить энергию связи протонов и нейтронов для ядер изотопов кислорода ${}^{16}_8\text{O}, {}^{17}_8\text{O}$. Вычислить также удельную энергию связи, т.е. энергию в расчете на один нуклон (протон или нейтрон) для этих же ядер. Массы ядер указанных изотопов соответственно равны $15,995\text{ а.е.м.}$; $16,999\text{ а.е.м.}$.
6. Энергия α -частицы при α -распаде ядра ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ составляет $4,78\text{ МэВ}$, какую энергию и скорость приобретает в результате распада дочернее ядро? Написать реакцию распада.
7. На какую глубину в пластинку, изготовленную из золота, проникает α -частица имеющая энергию $4,2\text{ МэВ}$? Плотность золота составляет $19,3\text{ г/см}^3$.
8. Ядро изотопа рубидия ${}^{88}_{37}\text{Rb}$ превращается в ядро стронция за счет β -распада. Анализ состава некоторой горной породы показал, что на каждые $114,2\text{ г}$ этого изотопа рубидия, содержащегося в породе, приходится $0,2\text{ г}$ радиогенного, т.е. образовавшегося за счёт распада рубидия, изотопа стронция . Определить возраст этой горной породы. Период полураспада рубидия составляет $6 \cdot 10^{10}$ лет. Написать реакцию распада.

ВАРИАНТ № 4.

1. Удельная проводимость полупроводника равна $212 \text{ (Ом}\cdot\text{м)}^{-1}$. Определить подвижность дырок и их концентрацию, если постоянная Холла $R_H = 5,66 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{Кл}$. Принять, что полупроводник обладает только дырочной проводимостью.
2. Концентрация свободных электронов в металле при температуре $T = 0\text{К}$ равна $n = 1,7 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$. Определить энергию уровня Ферми.
3. Определить энергию связи нуклонов в ядре тяжелого изотопа водорода ${}^2_1\text{H}$. Масса нейтрона $1,008665 \text{ а.е.м.}$; масса протона $1,007825 \text{ а.е.м.}$; массу ядра тяжелого изотопа водорода определить по справочным данным.
4. Анализ изотопного состава свинца, содержащегося в горной породе, показал, что на каждые $22,4 \text{ г}$ изотопа урана ${}^{238}_{92}\text{U}$ приходится $1,17 \text{ г}$ радиогенного (т.е. образовавшегося за счёт распада урана) изотопа свинца ${}^{206}_{82}\text{Pb}$. Определить возраст этой горной породы. Период полураспада ${}^{238}_{92}\text{U}$ составляет $4,5 \cdot 10^9 \text{ лет}$.
5. Измерение показало, что некоторое количество радона ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ (радон один из инертных газов) дает $10^6 \alpha$ -распадов в секунду. Период

полураспада Rn составляет 3,8 суток. Найти объем, занимаемый радоном при нормальных условиях, и выяснить активность радона, которая будет через месяц после первого измерения.

6. Определить постоянную распада, период полураспада и среднее время жизни некоторого вещества, если известно, что за пять суток интенсивность испускаемого им γ -излучения уменьшилась на 40%. Продукт распада не радиоактивен.

7. На какую глубину в пластинку алюминия проникает α -частица имеющая энергию 4,2 МэВ? Плотность алюминия $2,7 \text{ г/см}^3$.

8. Сколько атомов распадется за год в 0,1 г урана ^{238}U ? (Период полураспада ^{238}U составляет $4,5 \cdot 10^9$ лет)

ВАРИАНТ №5.

1. Найти минимальную энергию образования пары электрон - дырка (ширину запрещенной зоны) в беспримесном полупроводнике, проводимость которого возрастает в 5 раз при увеличении температуры от $T_1 = 300 \text{ К}$ до $T_2 = 400 \text{ К}$.

2. Определить максимальную скорость и концентрацию электронов в металле при $T = 0\text{К}$, если уровень Ферми равен 3,5 эВ.

3. Определить энергию связи нуклонов в ядре сверх-тяжелого изотопа водорода ^3_1H (тритий) Масса нейтрона 1,008665 а.е.м.; масса протона 1,007825 а.е.м.; массу ядра сверх-тяжелого изотопа водорода определить по справочным данным.

4. Период полураспада изотопа фосфора ^{32}P составляет 14,3 дней. Найти активность препарата через 20 дней после его изготовления, если начальная активность 100 мКи.

5. Сколько радиоактивных частиц, испускает 1 г ^{235}U за 1 год и чему равна его активность? ($\tau_{1/2} = 7,1 \cdot 10^8$ лет).

6. Период полураспада плутония $^{239}_{94}\text{Pu}$ равен 24100 лет. Определить, какая доля (в процентах) атомов плутония распадается за 10 лет и на сколько уменьшится активность плутония за 1 год.

7. Определить наибольшую энергию β -частиц, возникающих при превращении свободного нейтрона в протон? Масса нейтрона –

1,00866527 а.е.м.; масса протона – 1,00782552 а.е.м. Написать реакцию этого радиоактивного превращения

8. Масса ядра изотопа лития ${}^7_3\text{Li}$ равна 7,01601 а.е.м., а масса ядра изотопа ${}^6_3\text{Li}$ равна 6,01513 а.е.м. Найти энергию связи нейтрона в ядре ${}^7_3\text{Li}$. Ответ выразить в МэВ.

ВАРИАНТ № 6.

1. Определить ширину запрещённой зоны собственного полупроводника, если при температуре $T_1 = 70^\circ\text{C}$ и $T_2 = 100^\circ\text{C}$ его сопротивление соответственно равно $R_1 = 3000$ Ом и $R_2 = 600$ Ом.

2. Концентрация свободных электронов в металле при температуре $T = 0\text{K}$ равна $n = 2 \cdot 10^{22}$ см⁻³. Определить энергию уровня Ферми.

3. Период полураспада радона ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ равен 3,8 суток. На сколько уменьшится активность радона за 1 минуту и за 2 суток?

4. Периоды полураспада изотопов урана ${}^{238}\text{U}$ и ${}^{235}\text{U}$ равны соответственно $\tau_{1/2} = 4,51 \cdot 10^9$ лет и $\tau_{1/2} = 7,13 \cdot 10^8$ лет. Определить

средние времена жизни и постоянные распада этих изотопов.

5. Сколько электрон – ионных пар создает α - частица за счет своей ионизирующей способности в воздухе, если ее начальная энергия 4,2 МэВ.

6. Анализ изотопного состава свинца некоторой горной породы показал, что на каждые 14,2 г изотопа урана ${}^{238}_{92}\text{U}$, содержащегося в породе, приходится 1,2 г радиогенного (т.е. образовавшегося за счёт распада урана) изотопа свинца ${}^{206}_{82}\text{Pb}$. Определить возраст этой горной породы. Период полураспада ${}^{238}_{92}\text{U}$ составляет $4,5 \cdot 10^9$ лет.

7. Сколько электрон – ионных пар создает α - частица за счет своей ионизирующей способности в воздухе, если ее начальная энергия 5,8 МэВ.

8. Определить радиус ядра углерода ${}^{14}_7\text{C}$. Во сколько раз радиус ядра изотопа урана ${}^{238}_{92}\text{U}$ больше радиуса ядра углерода ${}^{14}_7\text{C}$?

Вариант №7

1. Удельная проводимость беспримесного полупроводникового образца при нагревании от температуры 0°C до температуры 18°C увеличилась в 4,25 раза. Определить ширину запрещенной зоны этого полупроводникового материала.
4. Измерение показало, что препарат радиоактивного изотопа фосфора $^{32}_{15}\text{P}$ дает 10^4 бета-распадов в секунду. Период полураспада $^{32}_{15}\text{P}$ составляет 14,3 суток. Найти массу препарата и выяснить активность, которая будет через месяц после первого измерения.
5. Горная порода содержит 0,001% урана ^{238}U по массе. Определить, в каком объеме породы будет содержаться 1 г радия ^{226}Ra . Плотность породы $2,7 \text{ г/см}^3$. Период полураспада урана 4,5 миллиарда лет, радия – 1660 лет.
7. За счет электронного захвата ядром тяжелого изотопа калия $^{40}_{19}\text{K}$ образуется аргон $^{40}_{18}\text{Ar}$. Таким образом, в калий – содержащей горной породе происходит постепенное накопление аргона и чем больше времени проходит с момента образования горной породы, тем больше содержание аргона будет в ней. При определении геологического возраста сильвинита (KCl) из 6,1 кг бездефектных кристаллов было извлечено $5,5 \text{ см}^3$ аргона (при нормальных условиях). Определить геологический возраст сильвинита, если известно, что период полураспада $^{40}_{19}\text{K}$ составляет $1,26 \cdot 10^9$ лет, и в естественной смеси изотопов калия содержится 0,012% $^{40}_{19}\text{K}$.
8. Определить радиус ядра кислорода $^{16}_8\text{O}$. Во сколько раз радиус ядра изотопа урана $^{238}_{92}\text{U}$ больше радиуса изотопа кислорода $^{16}_8\text{O}$?

ВАРИАНТ № 8.

1. Во сколько раз изменится при повышении температуры от 300 К до 380 К электропроводность полупроводника, ширина запрещенной зоны которого $\Delta E = 0,2$ эВ?
2. Собственный (беспримесный) полупроводник (германий) имеет при некоторой температуре удельное сопротивление $\rho = 0,48$ Ом·м. Определить концентрацию n носителей заряда, если подвижность электронов в германии $0,28$ м²/(В·с), а подвижность дырок равна $0,13$ м²/(В·с).
3. Определить энергию связи нуклонов в ядре изотопа лития ${}^7_3\text{Li}$. Масса нейтрона $1,008665$ а.е.м.; масса протона $1,007825$ а.е.м.; массу ядра изотопа лития определить по справочным данным.
4. Во сколько раз энергия, выделяемая при полном делении 1 кг ${}^{235}_{92}\text{U}$, больше энергии, получаемой при сгорании 1 т нефти? При делении одного ядра ${}^{238}_{92}\text{U}$ выделяется 160 МэВ энергии, а удельная теплота сгорания нефти $Q = 4,6 \cdot 10^7$ Дж/кг.
5. Найти период полураспада изотопа фосфора ${}^{32}_{15}\text{P}$, если активность его через 20 суток составляет 38% первоначальной активности.
6. В граните (рапакиви) содержится примерно 3 г урана ${}^{238}\text{U}$ в расчете на 1 м³. Сколько радия ${}^{226}\text{Ra}$ содержится в 1 м³ этой горной породы. Период полураспада урана ${}^{238}\text{U}$ составляет $4,5 \cdot 10^9$ лет; радия – 1660 лет.
7. Гамма-квант взаимодействуя с ядром атома может "вырвать" нейтрон из ядра, передав всю свою энергию нейтрону. Найти пороговое значение энергии γ -кванта, необходимое для осуществления ядерного фотоэффекта на ядре ${}^9_4\text{Be}$. Масса атома ${}^9_4\text{Be}$ равна $9,01206$ а.е.м.; масса атома ${}^8_4\text{Be}$ равна $8,0049$ а.е.м.
8. Трансурановый элемент кюрий (${}^{247}_{96}\text{Cm}$) испускает α -частицы с энергией $6,25$ МэВ. Вычислить количество тепла, которое выделится за

пять суток в сосуде, содержащем 2 мг кюрия. Период полураспада кюрия составляет 163 дня.

ВАРИАНТ № 9.

1. Определить уровень Ферми в собственном (беспримесном) полупроводнике, находящемся при комнатной температуре, если энергия активации ΔE (ширина запрещенной энергетической зоны) равна 0,7 эВ. За нулевой уровень отсчета энергии электронов принять уровень потолка валентной зоны. Эффективная масса дырок в три раза больше эффективной массы электронов.

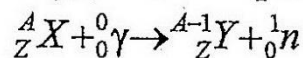
2. Собственный (беспримесный) полупроводник (германий) имеет при некоторой температуре удельное сопротивление $\rho = 0,48 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Определить концентрацию n носителей заряда, если подвижность электронов в германии $0,36 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, а подвижность дырок равна $0,16 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$.

3. Определить энергию связи нуклонов в ядре изотопа азота ${}^{14}_7\text{N}$. Масса нейтрона 1,008665 а.е.м.; масса протона 1,007825 а.е.м.; массу ядра изотопа азота определить по справочным данным.

4. Период полураспада изотопа фосфора ${}^{32}\text{P}$ составляет 14,3 дней. Найти активность препарата через 50 дней после его изготовления, если начальная активность 200 мКи.

5. Определить, во сколько раз активность 1 г ${}^{238}\text{U}$ меньше активности 1 г ${}^{226}\text{Ra}$. Период полураспада урана 4,5 миллиардов лет, период полураспада радия 1660 лет.

6. При ядерном фотоэффекте происходит эмиссия (вырывание) нейтрона из ядра под действием γ -кванта. Реакция ядерного фотоэффекта записывается следующим образом:



Найти минимальную энергию гамма кванта, вызывающую эту реакцию, если ядром A_ZX является ядро ${}^{14}_7\text{C}$.

7. Определить энергию связи нуклонов в ядре гелия. Масса нейтрона 1,00866 а.е.м.; масса протона 1,00782 а.е.м.; масса ${}^4_2\text{He}$ 4,002603 а.е.м.

8. Какая энергия выделится при α -распаде ядра ${}^{226}_{88}\text{Ra}$? (масса атома радия равна 226,05 а.е.м.). Написать реакцию распада.

ВАРИАНТ № 10.

1. Определить ширину запрещенной зоны при комнатной температуре, в собственном (беспримесном) полупроводнике, если уровень Ферми расположен на 0,12 эВ выше потолка валентной зоны. Эффективная масса дырок в двенадцать раз больше эффективной массы электронов.
2. Определить максимальную скорость и концентрацию электронов в металле при $T = 0\text{К}$, если уровень Ферми равен 5 эВ.
3. Определить энергию связи нуклонов в ядре изотопа углерода $^{12}_6\text{C}$. Масса нейтрона 1,008665 а.е.м.; масса протона 1,007825 а.е.м.; массу ядра изотопа углерода определить по справочным данным.
4. Определить, какой объем радона (при нормальной температуре и давлении) находится в радиоактивном равновесии с 1 г радия. (Радон или, по другой терминологии, – эманация радия, это газообразный продукт распада радия). Период полураспада радия составляет 1660 лет, радона - 3,8 дня.
5. Изотоп калия $^{40}_{19}\text{K}$ радиоактивен и имеет период полураспада $1,26 \cdot 10^9$ лет. На долю калия приходится 0,35% веса человека. Вычислить активность калия, находящегося в теле человека, если изотоп ^{40}K составляет 0,012% в естественной смеси изотопов калия. Вес человека считать 75 кг.
6. Найти энергию, выделившуюся при столкновения ядер ^2H и ^6Li , и образовании в результате столкновения двух альфа-частиц, если известно, что удельная энергия связи на один нуклон в ядрах ^2H , ^4He и ^6Li равны соответственно 1,11 МэВ, 7,08 МэВ и 5,33 МэВ.
7. В некоторых ториевых рудах $^{232}_{90}\text{Th}$ содержится примесь только одного изотопа свинца $^{208}_{82}\text{Pb}$, предполагая, что весь свинец образовался в результате распада тория, определить возраст ториевой руды, если на каждый грамм тория, содержащегося в руде, приходится 0,062 г свинца. Период полураспада тория составляет $1,99 \cdot 10^{10}$ лет.
8. Вычислить энергию α -частицы, испускаемой полонием, если препарат полония активностью 0,02 Ки, помещенный в калориметр, вызывает повышение температуры на 0,54 °С в час. Теплоемкость калориметра 1 кал/°С.