

**Домашнее задание для студентов 2 курса к 8-му модулю: 1 этап
(По программе курса физики на три семестра с началом во втором семестре)**

**Распределение по вариантам
задач 1-го этапа домашнего задания по атомной физике**

Номер варианта	Номера задач			
1	1	27	47	64
2	2	30	51	69
3	3	20	55	74
4	4	21	59	79
5	5	22	39	68
6	6	23	40	76
7	7	24	41	63
8	8	25	42	64
9	9	26	43	65
10	10	27	44	66
11	11	28	45	67
12	12	29	46	68
13	13	30	47	69
14	14	31	48	70
15	15	32	49	71
16	16	33	50	72
17	17	34	51	73
18	18	35	52	74
19	19	36	53	75
20	1	37	54	76
21	3	38	55	77
22	5	20	56	78
23	7	23	57	79
24	9	26	58	63
25	11	29	59	68
26	13	32	60	73
27	15	35	61	78
28	17	38	62	66
29	19	21	39	71
30	21	24	43	75

Длина волны де – Бройля

1. Вычислить дебройлевскую длину волны:
 - a. а) Электрона и атома водорода, кинетические энергии которых равны 160 эВ.
 - b. б) Протона с кинетической энергией равной энергии покоя электрона.
 - c. в) Электрона, масса которого на 2% больше его массы покоя.
2. На сколько отличаются дебройлевские длины волн протона и нейтрона, движущихся с энергией равной 1 эВ?
3. Каково соотношение длин волн де-Бройля протона и электрона, проходящих одинаковую ускоряющую разность потенциалов?
4. Найти разность потенциалов, которую должен пройти электрон, чтобы ему соответствовала такая же длина волны, что и протону, прошедшему разность потенциалов 20 В.
5. Найти энергию и импульс фотона с длиной волны 0,3 нм, а также кинетическую энергию и импульс электрона, длина волны де-Бройля которого имеет то же значение.
6. Вычислить дебройлевскую длину волны электрона и протона, движущихся с кинетической энергией 1,00 кэВ. При каких значениях кинетической энергии их длина волны будет равна 0,1 нм?
7. При увеличении энергии электрона на 200 эВ его дебройлевская длина волны изменилась в два раза. Найти первоначальную длину волны электрона.
8. Электрон, движущийся со скоростью $6 \cdot 10^6$ м/с попадает в продольное электрическое поле с напряженностью 5 В/см. Какое расстояние должен пролететь электрон в таком поле, чтобы его длина волны стала 1 Å?
9. Какова скорость изменения дебройлевской длины волны протона, ускоряемого продольным электрическим полем напряженностью 3 кВ/см, в тот момент, когда его кинетическая энергия равна 1 кэВ?
10. Какую работу необходимо совершить, чтобы дебройлевская длина волны электрона, имевшего импульс 20 кэВ/с (где c скорость света), стала равной 1 Å?
11. Определить, при какой скорости длина волны де-Бройля для электрона равна его комптоновской длине волны.
12. Определить, при какой кинетической энергии длина волны де-Бройля для электрона равна его комптоновской длине волны.
13. Какую дополнительную энергию необходимо сообщить электрону с импульсом 15 кэВ/с, где c скорость света, чтобы его дебройлевская длина волны стала равна 0,5 Å?
14. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов 200В, имеет длину волны де-Бройля равную 2,02 нм. Найти массу частицы, если ее заряд численно равен заряду электрона.
15. Поток моноэнергетических электронов падает нормально на диафрагму с узкой щелью шириной $b = 2,0$ мкм. Найти скорость электронов, если на экране, отстоящем от щели на $l = 50$ см, ширина центрального дифракционного максимума $\Delta x = 0,36$ мм.
16. Параллельный пучок электронов, прошедших ускоряющую разность потенциалов 15 В, падает на длинную, узкую прямоугольную диафрагму шириной 0,08 мм. Найти ширину главного дифракционного максимума на экране, расположенном на расстоянии 60 см от диафрагмы.
17. Параллельный пучок электронов, движущийся с одинаковой скоростью 10^6 м/с, падает нормально на диафрагму с длинной щелью шириной 1 мкм. Проходя через щель, электроны рассеиваются и образуют дифракционную картину на экране, расположенном на расстоянии 50

см от щели и параллельном плоскости диафрагмы. Определить на экране расстояние между соседними дифракционными минимумами.

18. Электрон движется по окружности радиусом 0,5 см в однородном магнитном поле с индукцией $B = 8 \text{ мТл}$. Определить длину волны де-Бройля электрона.

19. По окружности радиусом 8,3 мм в однородном магнитном поле движется α -частица. Напряженность магнитного поля равна 18,9 В/м. Определить длину волны де-Бройля α -частицы.

Соотношения неопределенности Гейзенберга

20. Принимая, что электрон находится внутри атома диаметром 0,3 нм, определить в эВ неопределенность кинетической энергии данного электрона. Состояние атома – основное.

21. Оценить неопределенность скорости электрона в атоме водорода, полагая размер атома порядка 0,1 нм. Сравнить полученное значение со скоростью электрона на первой борновской орбите.

22. Сравнить дебройлевскую длину волны протона, ускоренного до потенциала 1 кВ, с величиной неопределенности его координаты, соответствующей неопределенности импульса в 0,1%.

23. Найти связь между скоростью и неопределенностью скорости движущейся частицы, для которой неопределенность координаты равна длине волны де-Бройля.

24. Оценить минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером $l = 0,10 \text{ нм}$.

25. Электрон с кинетической энергией $W = 10 \text{ эВ}$ локализован в области размером $l = 1,0 \text{ мкм}$. Оценить относительную неопределенность скорости электрона.

26. При эксперименте в водородной камере электрон образует след в том случае, если его кинетическая энергия не меньше величины порядка 2 кэВ. Можно ли по следу, ширина которого порядка 1 мкм, заметить отклонения в движении электрона от законов классической механики?

27. Электронный пучок выходит из электронной пушки под действием разности потенциалов 200 В. Определить, можно ли одновременно измерить траекторию электрона с точностью до 100 нм и его скорость с погрешностью 10%.

28. Оценить относительную неопределенность импульса и кинетической энергии частицы, у которой неопределенность координаты в 2000 раз больше ее дебройлевской длины волны.

29. Опираясь на соотношение Гейзенберга для Δp и Δx , найти аналогичное соотношение для ΔE и Δt , где Δt - неопределенность промежутка времени, в течение которого измеряется энергия.

30. Свободно движущаяся нерелятивистская частица имеет относительную неопределенность кинетической энергии порядка $1,6 \cdot 10^{-4}$. Оценить, во сколько раз неопределенность координаты такой частицы больше ее дебройлевской длины волны.

31. Неопределенность момента импульса электрона в атоме водорода составляет 0,2 \hbar . Можно ли определить угловую координату электрона в атоме водорода?

32. Принимая, что неопределенность в импульсе может достигать 50% величины импульса, вычислить, какую наибольшую энергию может иметь электрон, локализованный в пространстве с точностью до 1 Å (размер атома) и с точностью до 10^{-11} см (размер ядра). Какой вывод можно сделать из этих вычислений, если принять во внимание, что энергия связи ядерной частицы в ядре не превышает 10 МэВ?

- 33.** Атом излучил фотон с длиной волны $\lambda=550 \text{ нм}$ за время равное $\tau = 10^{-8} \text{ с}$. Оценить неопределенность его координаты, энергии и относительную неопределенность его длины волны.
- 34.** Возбужденный атом испускает фотон в течение 5 нс . Длина волны излучения равна 500 нм . Найти с какой точностью могут быть определены энергия, длина волны и положение фотона.
- 35.** Атом испустил фотон с длиной волны $\lambda = 0,58 \text{ мкм}$ за время $\tau = 10^{-8} \text{ с}$. Оценить неопределенность Δx , с которой можно установить координату фотона в направлении его движения, а также неопределенность его длины волны.
- 36.** Используя соотношение неопределенностей, оценить ширину энергетического уровня в атоме водорода, находящегося: а) в основном состоянии; б) в возбужденном состоянии (время жизни электрона в возбужденном состоянии равно 10^{-8} с).
- 37.** Возбужденный атом испускает фотон в течение $0,01 \text{ мкс}$. Длина волны излучения равна 600 нм . Определить отношение естественной ширины энергетического уровня, на который был возбужден электрон, к энергии, излученной атомом.
- 38.** При переходе атома в основное состояние испускается фотон, длина волны которого равна $0,5 \text{ мкм}$ за время равное 10 нс . Используя соотношение неопределенности, оценить естественную ширину излучаемой спектральной линии.

Атом водорода и водородоподобные ионы

- 39.** Показать, что для атома водорода на боровских стационарных орбитах укладывается целое число длин волн де-Бройля. Определить длины волн на первой и третьей орбитах.
- 40.** Как изменится длина волны де-Бройля электрона в атоме водорода при его переходе с четвертой боровской орбиты на вторую?
- 41.** С какой минимальной скоростью должен двигаться атом водорода, чтобы в результате неупругого лобового соударения с другим, покоящимся атомом водорода, один из них испустил фотон? До соударения оба атома находились в основном состоянии.
- 42.** Определить длину волны света, излучаемого атомом водорода при переходе возбужденного электрона с одной боровской орбиты на другую, радиусы которых отличаются в 2,25 раза.
- 43.** Определить длину волны света, излучаемого атомом водорода при переходе возбужденного электрона с одной боровской орбиты на другую, радиусы которых отличаются в 4 раза.
- 44.** Определив энергию ионизации атома водорода, найти энергию (в эВ) фотона, соответствующего головной линии серии Бальмера и ее длину волны.
- 45.** Основываясь только на том, что первый потенциал возбуждения атома водорода равен $10,2 \text{ В}$, определить в эВ энергию фотона, соответствующего второй линии серии Бальмера и ее длину волны.
- 46.** Вычислить кинетическую энергию электрона, выбитого из первого возбужденного состояния атома водорода фотоном, длина волны которого $0,3 \text{ мкм}$.
- 47.** Вычислить кинетическую энергию электрона, выбитого из второго возбужденного состояния атома водорода фотоном, длина волны которого $0,2 \text{ мкм}$.
- 48.** Атом водорода переведен из основного состояния в четвертое возбужденное. Какие спектральные линии могут быть испущены при возвращении электрона в исходное состояние? Найти их длины волн. Все ли они относятся к видимой части спектра?

49. Вычислить энергию электрона на первой, второй и третьей боровских орбитах атома водорода.

50. Определить спектральный интервал, в пределах которого лежат длины волн серии Лаймана в атоме водорода. (Постоянная Ридберга – $1,0965 \cdot 10^7 \text{ 1/м}$).

51. Определить длину волны кванта света, поглощение которого ведет к ионизации атома водорода из второго возбужденного состояния.

52. Один из возбужденных атомов водорода при переходе в основное состояние испустил последовательно три кванта с длинами волн 1611 нм ; $486,6 \text{ нм}$; $121,6 \text{ нм}$. Какое главное квантовое число соответствует возбужденному состоянию? Постоянную Ридберга считать равной $R = 1,0965 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$.

53. В спектре некоторых водородоподобных ионов известны длины волн трех линий, принадлежащих к одной и той же серии: $99,2$; $108,5$ и $121,5 \text{ нм}$. Какие спектральные линии можно предсказать еще?

54. (Какие линии содержит спектр поглощения атомарного водорода в диапазоне длин волн от $94,5$ до $130,0 \text{ нм}$?)

55. Найти для водородоподобных ионов кинетическую энергию электрона и его энергию связи в основном состоянии, а также потенциал ионизации. Вычислить эти величины для атома водорода и ионов He^+ и Li^+ .

56. Насколько *электронвольт* надо увеличить внутреннюю энергию иона He^+ , находящегося в основном состоянии, чтобы он смог испустить фотон, соответствующий головной линии серии Бальмера?

57. Вычислить скорость электронов, вырываемых электромагнитным излучением с длиной волны $\lambda = 18,0 \text{ нм}$ из ионов He^+ , находящихся в основном состоянии.

58. В спектре некоторых водородоподобных ионов длина волны третьей линии серии Бальмера равна $108,5 \text{ нм}$. Найти энергию связи электрона в основном состоянии этих ионов.

59. Определить длину волны кванта света, поглощение которого ведет к ионизации дважды ионизированного иона лития Li^{++} : 1) из основного состояния; 2) из первого возбужденного состояния; 3) из второго возбужденного состояния.

60. Определить длину волны кванта света, поглощение которого ведет к ионизации иона гелия He^+ : 1) из основного состояния; 2) из первого возбужденного состояния; 3) из второго возбужденного состояния.

61. Основываясь на том, что первый потенциал ионизации иона гелия равен $54,4 \text{ В}$, определить энергию электрона гелия, находящегося в первом и втором возбужденных состояниях.

62. В некотором водородоподобном ионе длина волны излучения первой линии серии Лаймана равна $30,4 \text{ нм}$. Определить длину волны фотона, поглощение которого ведет к ионизации иона. (Постоянная Ридберга – $1,0965 \cdot 10^7 \text{ 1/м}$).

Уравнение Шрёдингера

63. Определить длину волны фотона, испускаемого при переходе электрона из первого возбужденного состояния в основное в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной $0,2 \text{ нм}$ с бесконечно высокими стенками.

- 64.** В одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной $0,3 \text{ нм}$ с бесконечно высокими стенками в третьем возбужденном состоянии находится электрон. Определить: 1) минимальную энергию электрона; 2) вероятность обнаружения электрона в средней трети ямы.
- 65.** Частица находится в потенциальном ящике шириной L . Вычислить вероятность того, что частица находится на расстоянии $1/4$ от края ящика с точностью $0,08 L$, если энергия частицы соответствует второму уровню.
- 66.** Частица находится в первом возбужденном состоянии в прямоугольной яме шириной l с абсолютно непроницаемыми стенками. Найти вероятность обнаружения этой частицы в области $\frac{3}{8}l < x < \frac{5}{8}l$.
- 67.** Собственная функция, описывающая состояние частицы в потенциальном ящике, имеет вид $\psi_n(x) = C \sin(\pi nx/l)$. Используя условие нормировки, определить постоянную C .
- 68.** Электрон находится в потенциальном ящике шириной l . В каких точках в интервале $(0 < x < l)$ плотность вероятности нахождения электрона на первом и втором энергетических уровнях одинакова? Вычислить плотность вероятности для этих точек. Решение пояснить графически.
- 69.** Частица находится во втором возбужденном состоянии в прямоугольной яме шириной l с абсолютно непроницаемыми стенками. Найти вероятность обнаружения этой частицы в области $\frac{2}{6}l < x < \frac{3}{6}l$.
- 70.** Частица находится в первом возбужденном состоянии в прямоугольной яме шириной l с абсолютно непроницаемыми стенками. Найти вероятность обнаружения этой частицы в области $0,4l < x < 0,6l$.
- 71.** Частица находится во втором возбужденном состоянии в потенциальной яме шириной L с абсолютно непроницаемыми стенками $(0 < X < L)$. Найти вероятность местонахождения этой частицы в области $1/3 L < X < 2/3 L$.
- 72.** Частица находится в потенциальном ящике шириной L . Вычислить вероятность того, что частица находится на расстоянии $1/8 L$ от края ящика с точностью до $0,01 L$, если энергия частицы соответствует пятому уровню.
- 73.** Частица находится в потенциальном ящике шириной L . Вычислить вероятность того, что частица находится на расстоянии $1/8 L$ от края ящика с точностью до $0,05 L$, если энергия частицы соответствует третьему возбужденному состоянию.
- 74.** Электрон находится в бесконечно глубоком одномерном потенциальном ящике шириной L $(0 < X < L)$. Определить вероятность того, что электрон, находящийся в первом возбужденном состоянии, будет обнаружен в интервале $1/4 L < X < 3/4 L$.
- 75.** Частица находится в потенциальном ящике шириной L . Определить отношение плотностей вероятностей пребывания частицы в середине ящика и на расстоянии $1/4 L$ от края ящика. Вычисления производить для первого, второго и третьего уровней энергии.
- 76.** Электрон заперт в одномерном прямоугольном ящике с абсолютно непроницаемыми стенками. Оценить величину минимально возможной энергии электрона, если ширина ямы $L = 3 \text{ ангстрем}$.
- 77.** Вычислить энергию, которая необходима, чтобы перевести частицу, заключенную в потенциальном ящике, с третьего уровня на четвертый. Задачу решить: 1) для электрона при ширине ящика 1 ангстрем и 1 мм ; 2) для частицы с массой 1 мкг при ширине ящика 1 мм .

- 78.** Электрон с энергией $1,2 \text{ кэВ}$ движется в положительном направлении оси x и встречает на своем пути прямоугольный потенциальный порог высотой 150 В . Определить, во сколько раз изменится длина волны де-Бройля при прохождении через этот потенциальный порог.
- 79.** Потенциальный барьер имеет ширину $0,15 \text{ мм}$. Определить в эВ разность высоты барьера и энергии электрона, при которой вероятность прохождения этой частицы сквозь барьер составит $0,4$.

Домашнее задание к 8-му модулю 2 этап

Распределение по вариантам задач 2-го этапа домашнего задания

Номер варианта	Номера задач			
1	1	21	40	58
2	2	22	45	62
3	3	23	50	66
4	4	24	33	70
5	5	25	43	74
6	6	26	31	57
7	7	27	32	61
8	8	28	33	65
9	9	29	34	69
10	10	30	35	55
11	11	21	36	56
12	12	22	37	57
13	13	23	38	58
14	14	24	39	59
15	15	25	40	60
16	16	26	41	61
17	17	27	42	62
18	18	28	43	63
19	19	29	44	64
20	20	30	45	65
21	3	21	46	66
22	6	22	47	67
23	9	23	48	68
24	12	24	49	69
25	15	25	50	70
26	18	26	51	71
27	1	27	52	72
28	4	28	53	73
29	7	29	54	74
30	10	30	35	75

Двухатомная молекула

1. Найти для молекул H_2 и NO энергию, необходимую для возбуждения их на первый вращательный уровень.
2. Найти для молекулы HCl квантовые числа J двух соседних вращательных уровней, с разностью энергий $7,86 \text{ МэВ}$.
3. Для двухатомной молекулы известны интервалы между тремя последовательными вращательными уровнями: $\Delta E_1 = 0,20 \text{ МэВ}$ и $\Delta E_2 = 0,30 \text{ МэВ}$. Найти вращательную энергию среднего уровня.
4. Найти температуры, при которых средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул H_2 и N_2 равна их вращательной энергии в состоянии с квантовым числом $J = 1$.
5. Найти энергию, необходимую для возбуждения молекулы водорода из основного состояния на первый колебательный уровень ($\nu = 1$). Во сколько раз эта энергия больше энергии возбуждения данной молекулы на первый вращательный уровень ($J = 1$)?
6. Найти разность энергий состояний с квантовыми числами $\nu' = 1, J' = 0$, и $\nu = 0, J = 5$ у молекулы OH .
7. Вычислить для молекулы HF число вращательных уровней, расположенных между основным и первым возбужденным колебательными уровнями, считая вращательные состояния не зависящими от колебательных.
8. Найти момент инерции молекулы CH и расстояние между ее ядрами, если частотные интервалы между соседними линиями чисто вращательного спектра этих молекул равны $\Delta\omega = 5,50 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$.
9. Известны длины волн двух соседних линий чисто вращательного спектра молекул HCl : 117 и 156 мкм . Определить:
 - а) момент инерции этих молекул;
 - б) вращательные квантовые числа уровней, между которыми происходят переходы, соответствующие этим линиям.
10. Сколько линий содержит чисто вращательный спектр молекул OH ?
11. В колебательно-вращательном спектре поглощения молекул HBr частоты нулевых линий, соответствующих запрещенным переходам ($\Delta J = 0$) между основным и ближайшими возбужденными колебательными уровнями ($\nu = 1$ и $\nu' = 1; 2$), равны $4,82 \cdot 10^{14}$ и $9,48 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$. Определить частоту колебаний и коэффициент ангармоничности этих молекул.
12. Определить число колебательных энергетических уровней, которое имеет молекула HBr , если коэффициент ангармоничности $x = 17,1 \cdot 10^{-3}$.
13. Определить энергию диссоциации молекулы CO . Изобразить на потенциальной кривой схему колебательных энергетических уровней и отметить на ней энергию диссоциации.
14. Молекула NO переходит из низшего возбужденного состояния в основное. Определить длину волны λ испущенного при этом фотона. На потенциальной кривой изобразить схему колебательных энергетических уровней молекулы и отметить на ней соответствующий энергетический переход.
15. Определить угловую скорость вращения молекулы S_2 , находящейся на первом возбужденном вращательном уровне.
16. Найти момент инерции и межъядерное расстояние молекулы CO , если интервалы ΔE между соседними линиями чисто вращательного спектра испускания молекул CO равны $0,48 \text{ МэВ}$.

17. Будет ли монохроматическое электромагнитное излучение с длиной волны $\lambda = 3 \text{ мкм}$ возбуждать вращательные и колебательные уровни молекулы HF, находящейся в основном состоянии?

18. Вычислить для молекулы HBr число вращательных уровней, расположенных между основным и первым возбужденным колебательными уровнями, считая вращательные состояния не зависящими от колебательных.

19. Определить число колебательных энергетических уровней, которое имеет молекула OH, если коэффициент ангармоничности $x = 22,2 \cdot 10^{-3}$.

20. Определить энергию диссоциации молекулы N₂. Изобразить на потенциальной кривой схему колебательных энергетических уровней и отметить на ней энергию диссоциации.

Твердое тело

21. Длинноволновый край полосы поглощения чистого германия лежит вблизи длины волны $\lambda_1 = 1,9 \text{ мкм}$. Оценить отсюда ширину запрещенной зоны германия.

22. Красная граница фотоэффекта сурьмяно-цезиевого фотокатода соответствует длине волны $\lambda_1 = 650 \text{ нм}$. Красная граница собственной фотопроводимости отвечает $\lambda_2 = 2,07 \text{ мкм}$. Определить положение (в эВ) дна зоны проводимости данного полупроводника относительно вакуума.

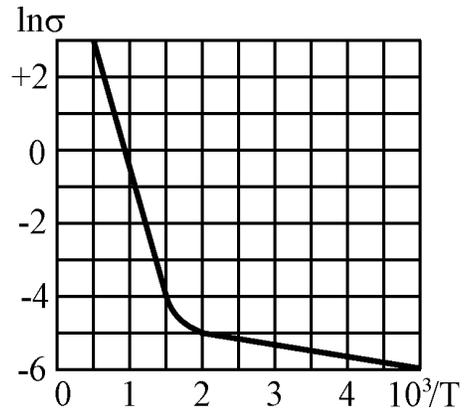
23. Изобразить энергетическую схему кислородо-цезиевого фотокатода, если известно, что энергия активации донорных примесей равна 0,6 эВ, красная граница фотоэффекта при очень низких температурах соответствует длине волны $\lambda_1 = 1,3 \text{ мкм}$ и начало возрастания фототока вблизи следующих двух коротковолновых максимумов отвечает $\lambda_2 = 600 \text{ нм}$ и $\lambda_3 = 350 \text{ нм}$.

24. Красная граница проводимости чистого беспримесного германия при очень низких температурах соответствует длине волны $\lambda_1 = 1,7 \text{ мкм}$. Вычислить температурный коэффициент сопротивления этого полупроводника при $T = 300 \text{ K}$.

25. Найти минимальную энергию, необходимую для образования пары электрон-дырка в чистом теллуре, если известно, что его электропроводность возрастает в $n = 5,2$ раза при увеличении температуры от $T_1 = 300$ до $T_2 = 400 \text{ K}$.

26. На рис. 1 изображен график зависимости логарифма электропроводности от обратной температуры для кремния с примесью бора. Объяснить характер данного графика. Определить ширину запрещенной зоны кремния ΔE_0 и энергию активации примесных атомов.

27. Для закиси меди (p-типа) получена следующая зависимость удельного сопротивления от абсолютной температуры:



T, K	286	345	455	556	667	833
ρ , Ом·см	12,2	3,49	1,00	0,223	0,018	0,0015

Построив соответствующий график, найти ширину запрещенной зоны ΔE_0 данного полупроводника и энергию активации акцепторных примесей ΔE_A .

28. Изобразить энергетическую схему примесного фотокатода при температурах близких к 0 K, у которого наблюдается 3 максимума фототока и 4 максимума фотопроводимости. Красная граница фототока соответствует поглощению кванта света с энергией 0,05 эВ, начала

следующих максимумов фототока соответствуют поглощению квантов света с энергиями 0,07 эВ и 0,4 эВ. Красная граница фотопроводимости соответствует поглощению кванта света с энергией 0,01 эВ, а начала следующих максимумов фотопроводимости соответствуют поглощению квантов света с энергиями 0,02 эВ, 0,04 эВ и 0,37 эВ. Определить ширину зоны проводимости.

29. Вычислить и сравнить между собой концентрации электронов проводимости при температуре $T = 300 \text{ K}$: а) в чистом беспримесном полупроводнике, ширина запрещенной зоны которого равна 1 эВ; б) в полупроводнике n-типа, энергия активации примесных атомов которого равна 0,2 эВ. Концентрация донорных атомов составляет $n = 2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$.

30. Вычислить удельное сопротивление полупроводника n-типа при температуре $T = 50 \text{ K}$, если известно, что концентрация донорных атомов $n = 5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, энергия их активации $\Delta E = 0,1 \text{ эВ}$, подвижность электронов $U = 500 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{сек}$.

Ядро атома. Энергия связи

31. Определить массу протонов и нейтронов в ядре нейтрального атома хрома Cr^{52} .

32. Пользуясь табличными значениями масс определить энергию связи ядра атома гелия.

33. Определить энергию связи на один нуклон для изотопов гелия: He^3 и He^4 , если масса атомов 3,0160 и 4,0026 а.е.м.

34. Определить дефект массы, энергию связи, и энергию связи на один нуклон для ядра Li^7 , если масса атома 7,016 а.е.м.

35. Найти с помощью табличных значений масс нуклидов: а) энергию связи на один нуклон в ядре O^{16} ; б) энергию, необходимую для разделения ядра O^{16} на четыре одинаковые частицы.

36. Вычислить массу в а.е.м.:

а) нуклида Li^8 , энергия связи ядра которого 41,3 МэВ;

б) ядра C^{11} с энергией связи на один нуклон 6,04 МэВ.

37. Сколько тепла выделяется при образовании 1 г He^4 из дейтерия H^2 ? Какая масса каменного угля с теплотворной способностью 30 кДж/г эквивалентна этому теплу?

38. При бомбардировке изотопа лития (Li^6) дейтерием образуются две α – частицы и выделяется энергия 22,3 МэВ. Определить массу изотопа лития.

39. Определить энергию реакции $\text{Li}^7 + p \rightarrow 2 \text{He}^4$, если энергия связи на один нуклон в ядрах Li^7 и He^4 равны 5,60 и 7,60 МэВ.

40. Определить массу нейтрального атома, если ядро этого атома состоит из трех протонов и двух нейтронов и энергия связи ядра равна 26,3 МэВ.

41. Какую наименьшую энергию нужно затратить, чтобы разделить на отдельные нуклоны ядра Li^7 и Be^7 ?

42. Определить энергию связи, которая выделится при образовании из протонов и нейтронов ядер He^4 массой $m = 1 \text{ г}$.

43. Энергия связи ядра кислорода O^{18} равна 139,8 МэВ, ядра фтора F^{19} – 147,8 МэВ. Определить, какую минимальную энергию нужно затратить, чтобы оторвать один протон от ядра фтора?

44. Какую наименьшую энергию нужно затратить, чтобы разделить:

а) ядро гелия He^4 на две одинаковые части;

б) ядро углерода C^{12} на три одинаковые части?

- 45.** Какие ядра образуются из α – активного Ra^{226} в результате пяти α – распадов и четырех β – распадов?
- 46.** Сколько α – и β – распадов испытывает U^{238} , превращаясь, в конечном счете в стабильный Pb^{206} ?
- 47.** Какие ядра образуются из тория Th^{232} после четырех α - распадов и двух β - распадов?
- 48.** Найти с помощью табличных значений масс атомов энергию связи:
- а) нейтрона в ядре Ne^{21} ;
- б) α - частицы в ядре Ne^{21} .
- 49.** Вычислить с помощью табличных значений дефектов масс энергии связи на один нуклон в ядрах Li^6 , Ne^{21} , Ar^{40} , Cu^{65} , Ag^{107} , Pb^{208} и U^{235} . Построить график зависимости энергии связи на нуклон от массового числа и проанализировать его вид.
- 50.** Определить энергию, необходимую для разделения ядра O^{16} на α – частицу и ядро C^{12} , если известно, что энергия связи ядер O^{16} , C^{12} и He^4 равны соответственно 127,62; 92,16; 28,30 МэВ.
- 51.** Определить энергию, выделяющуюся при образовании двух α – частиц в результате синтеза ядер Li^6 и H^2 , если известно, что энергия связи на один нуклон в ядрах Li^6 , He^4 и H^2 равны соответственно 5,33; 7,08; 1,11 МэВ.
- 52.** Определить энергию связи, приходящуюся на нуклон для изотопов лития Li^6 и Li^7 , если массы атомов 6,0151 и 7,0160 а.е.м.
- 53.** Считая, что в одном акте деления ядра U^{235} освобождается энергия 200 МэВ, определить энергию, выделяющуюся при сгорании 1 кг изотопа U^{235} и массу каменного угля с теплотворной способностью 7000 ккал/кг, эквивалентную в тепловом отношении 1 кг U^{235} .
- 54.** Считая, что в одном акте деления ядра U^{235} освобождается энергия 200 МэВ, определить массу изотопа U^{235} , подвергшегося делению при взрыве атомной бомбы с тротильным эквивалентом 30 килотонн, если тепловой эквивалент тротила равен 1000 ккал/кг.

Радиоактивность

- 55.** Какая доля начального количества радиоактивного изотопа распадается за время, равное средней продолжительности жизни этого изотопа?
- 56.** Какая доля радиоактивных ядер кобальта, период полураспада которых 71,3 суток, распадается за месяц?
- 57.** Активность некоторого радиоизотопа уменьшается в 2,5 раза за 7 суток. Найти его период полураспада.
- 58.** Найти постоянную распада и среднее время жизни радиоактивного Co^{55} , если его активность уменьшается на 4,0% за 60 мин.
- 59.** Препарат U^{238} массы 1,0 г излучает $1,24 \cdot 10^4$ α - частиц в секунду. Найти его период полураспада.
- 60.** Определить возраст древних деревянных предметов, если известно, что удельная активность изотопа C^{14} у них составляет 0,75 удельной активности этого же изотопа в только что срубленных деревьях. Период полураспада C^{14} равен 5570 лет.
- 61.** В урановой руде отношение числа ядер U^{238} к числу ядер Pb^{206} составляет $\eta = 2,8$. Оценить возраст руды, считая, что весь свинец Pb^{206} является конечным продуктом распада уранового ядра. Период полураспада U^{238} равен $4,5 \cdot 10^9$ лет.

- 62.** В кровь человека ввели небольшое количество раствора, содержащего радиоизотоп Na^{24} активностью $A_0 = 2,0 \cdot 10^3$ Бк. Активность 1 см³ крови, взятой через $t = 5,0$ ч после этого, оказалась равной $A' = 0,315$ Бк/см³. Определить объем крови человека. Период полураспада натрия Na^{24} равен 15 часов.
- 63.** Какой активностью будет обладать препарат, содержащий 2 микрограмма изотопа Na^{24} двое суток, если его период полураспада равен 15-ти часам.
- 64.** Удельная активность препарата, состоящего из активного кобальта Co^{58} и неактивного Co^{59} , составляет $2,2 \cdot 10^{12}$ Бк/г. Период полураспада Co^{58} равен 71,3 суток. Найти отношение массы активного кобальта в этом препарате к массе препарата.
- 65.** Ядро урана U^{238} делится на два осколка приблизительно одинаковой массы. Пользуясь кривой зависимости удельной связи от массовых чисел, оценить освобожденную энергию.
- 66.** Период полураспада плутония P^{239} равен 24,1 тысяче лет. Определить, какая доля атомов препарата плутония распадется за 10 лет и на сколько % уменьшится его активность за год.
- 67.** Определить число радиоактивных ядер в свежеприготовленном препарате Vl^{82} , если известно, что через сутки его активность становится $A = 7,4 \cdot 10^9$ Бк.
- 68.** Сколько миллиграммов β - активного Sr^{89} следует добавить к $m = 1,0$ мг неактивного стронция, чтобы удельная активность препарата стала равной $5,07 \cdot 10^{13}$ Бк/г.
- 69.** За один год начальное количество радиоактивного изотопа уменьшилось в три раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года?
- 70.** За время $t = 8$ суток распалось $\frac{3}{4}$ начального количества ядер радиоактивного изотопа. Определить период полураспада.
- 71.** За время $t = 1$ сутки активность изотопа уменьшилась от $A_1 = 118$ ГБк до $A_2 = 7,4$ ГБк. Определить период полураспада этого нуклида.
- 72.** Счетчик Гейгера, установленный вблизи препарата радиоактивного изотопа серебра, регистрирует поток β - частиц. При первом измерении поток частиц $\Phi_1 = 87$ с⁻¹, а по истечении времени $t = 1$ сутки поток оказался $\Phi_2 = 22$ с⁻¹. Определить период полураспада изотопа.
- 73.** Найти массу m_1 урана U^{238} , имеющего такую же активность A , как стронций Sr^{90} массой $m_2 = 1$ мг.
- 74.** Период полураспада тория Th^{232} равен $1,4 \cdot 10^{10}$ лет. Сколько распадов произойдет в 0,1 мг тория в 1 мин и на сколько процентов уменьшится активность препарата за 1 год?
- 75.** Изотоп калия K^{40} радиоактивен с периодом полураспада $4,5 \cdot 10^8$ лет. На долю калия приходится 0,35 % веса человека. Вычислить активность калия, находящегося в теле человека, если атомы K^{40} составляют в природе 0,012 % от общего числа атомов калия. Вес человека считать равным 75 кг.