

Демонстрационный вариант заданий второго этапа по Профилю «Химия и науки о материалах»

Блок 1. Простые тестовые вопросы с одним верным вариантом ответа (по 1 баллу за верный ответ)

1.1 Вычислите стандартную энтальпию реакции спиртового брожения глюкозы, используя энтальпии сгорания: $C_6H_{12}O_6(тв) \Leftrightarrow 2C_2H_5OH(ж) + 2CO_2(г)$

Справочные значения $\Delta_c H^\circ$ для глюкозы и этанола:

$\Delta_c H^\circ(C_6H_{12}O_6) = -2810$ кДж/моль; $\Delta_c H^\circ(C_2H_5OH) = -1371$ кДж/моль.

- А) -68 кДж/моль;
- Б) +68 кДж/моль;
- В) -1303 кДж/моль;
- Г) +1303 кДж/моль.

Ответ: А

1.2 Исходя из следующих данных, определите порядок кинетического уравнения реакции гидролиза мальтозы

начальная концентрация c_0 моль/л	0,005	0,05	0,5
период полупревращения, $t_{0,5}$, мин	4,1	4,05	4,2

- А) нулевой;
- Б) первый;
- В) второй;
- Г) дробный.

Ответ: Б

1.3 8 г H_2 в замкнутом сосуде объёмом 3 л нагрели от температуры 273 К до температуры 343 К. На сколько увеличилась энтальпия системы?

- А) на 5820 Дж;
- Б) на 9312 Дж;
- В) на 3492 Дж;
- Г) на 8148 Дж.

Ответ: Г

1.4 Димер X_2 необратимо распадается на две молекулы X с константой скорости $0,02$ с⁻¹. Начальная концентрация X_2 составляла 0,34 М. Насколько изменилась концентрация димера за время между 2 мин и 5 мин после начала эксперимента?

- А) 0,12 М;

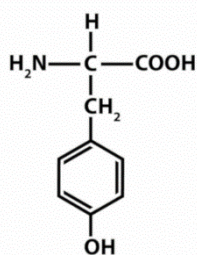
Б) 0,03 М;

В) 0,54 М;

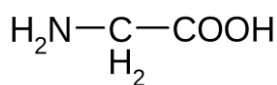
Г) 0,17 М.

Ответ: Б

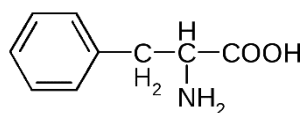
1.5 Нейропептид головного мозга Мет-энкефалин имеет аминокислотную последовательность : Tyr – Gly – Gly – Phe – Met .Какая из представленных аминокислот не входит в структуру Мет-энкефалина:



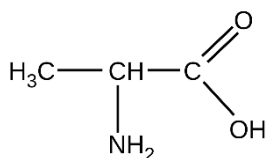
А)



Б)



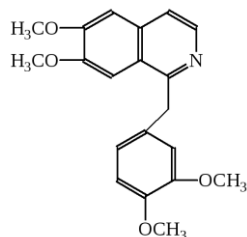
В)



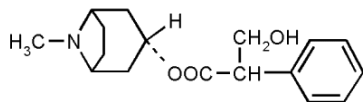
Г)

Ответ: Г

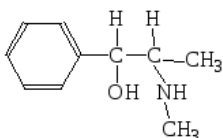
1.6 В структуру какого природного алкалоида входит изохинолиновый цикл?



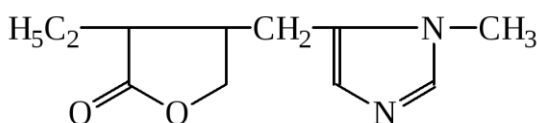
А)



Б)



В)



Г)

Ответ: А

1.7 Гальванический элемент состоит из медного катода, погружённого в 0,06 М раствор $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, и серебряного анода, покрытого слоем осадка AgCl и погружённого в 0,45 М раствор NaCl . Чему равна ЭДС такого гальванического элемента? Стандартные электродные потенциалы для полуреакций $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ и $\text{AgCl} + \text{e}^- = \text{Ag} + \text{Cl}^-$ равны 0,34 В и 0,22 В, соответственно.

А) 0,06 В

Б) 0,10 В

В) 0,56 В

Г) 0,12 В

Ответ: А

1.8 Вюрцит и сфалерит:

- А) имеют одинаковую кристаллическую структуру, но в ней присутствуют различные по своей природе примеси;
- Б) различаются как структурой, так и составом;
- В) различаются только количеством примесей, при этом сами примеси одинаковы, как и кристаллическая структура;
- Г) являются различными полиморфными модификациями при одинаковом химическом составе.

Ответ: Г

1.9 Образец представляет собой твёрдый раствор внедрения, если:

- А) атомы одного компонента расположены в узлах кристаллической решётки другого компонента (растворителя)
- Б) компоненты растворяются друг в друге, причём решётка одного из компонентов сохраняется

ONE CLICK TO OPEN ALL DOORS

- В) в системе полностью отсутствует ближний и дальний порядок
Г) на дифракционной картине отсутствуют чёткие дифракционные максимумы

Ответ: Б

1.10 Компоненты, не способные к взаимному растворению в твёрдом состоянии и не вступающие в химическую реакцию с образованием соединения, образуют:

- А) твёрдые растворы внедрения;
Б) химические соединения;
В) смеси;
Г) твёрдые растворы замещения.

Ответ: В

Блок 2. Сложные тестовые вопросы с несколькими верными ответами (по 3 балла за верное решение)

2.1 Имеется раствор, содержащий нитрат серебра и хлорид калия. Определите, какие ДВА вещества нужно добавить в небольших количествах к этому раствору, чтобы поверхность образовавшейся твердой фазы зарядилась отрицательно.

- А) сульфат кальция;
Б) хлорид калия;
В) нитрат бария;
Г) хлорид алюминия;
Д) нитрат натрия.

Ответ: Б, Г

Критерии оценивания:

3 балла – за 2 верных ответа

1 балл – за 1 верный ответ

2.2 Какие ДВЕ границы раздела фаз относятся к неподвижным?

- А) раствор метиленового синего-воздух
Б) раствор метиленового синего-бензол
В) раствор метиленового синего-каолин
Г) раствор метиленового синего-активированный уголь
Д) раствор метиленового синего-хлороформ

Ответ: В, Г

Критерии оценивания:

3 балла – за 2 верных ответа

1 балл – за 1 верный ответ

2.3 Какие ТРИ из перечисленных ниже утверждений являются верными?

ONE CLICK TO OPEN ALL DOORS

- А) При изотермическом сжатии идеального газа энтропия уменьшается.
- Б) Время полупревращения для любой реакции не зависит от начальной концентрации реагента.
- В) При пониженном атмосферном давлении (например, в высокогорье) фазовый переход жидкость/газ для воды происходит при температуре ниже 100 °С.
- Г) Для реакции второго порядка $2A \rightarrow P$ зависимость $\ln[A]$ от времени имеет линейный вид.
- Д) Скорость элементарной реакции не может зависеть от концентрации продуктов.
- Е) Осмотическое давление раствора глюкозы будет выше, чем осмотическое давление раствора KBr той же концентрации.

Ответ: А В Д

2.4 Полная взаимная растворимость двух простых веществ в твёрдом состоянии возможна, если (выберите ТРИ условия):

- А) эти вещества в твёрдом состоянии близки по своим механическим свойствам
- Б) эти вещества в твёрдом состоянии имеют одинаковую кристаллическую решётку
- В) размеры атомов элементов, образующих эти простые вещества, отличаются незначительно
- Г) элементы, соответствующие этим простым веществам, являются соседями в Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева
- Д) элементы, соответствующие этим простым веществам, имеют близкие значения электроотрицательности
- Е) эти вещества имеют близкие значения электропроводности

Ответ: Б В Д

2.5 Укажите ДВЕ функциональные группы, проявляющие электроакцепторные свойства по отношению к бензольному кольцу

- А) $-COOH$
- Б) $-OC_2H_5$
- В) $-NHCH_3$
- Г) $-OH$
- Д) $-SO_3H$

Ответ: А, Д

Критерии оценивания:

3 балла – за 2 верных ответа

1 балл – за 1 верный ответ

2.6 Выберите ДВА гетерофункциональных соединения, при нагревании которых протекает реакция элиминирования:

- А) $CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_2-COOH$

- Б) $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}(\text{OH})-\text{COOH}$
- В) $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$
- Г) $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{COOH}$
- Д) $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-\text{COOH}$

Ответ Г, Д

Критерии оценивания:

3 балла – за 2 верных ответа

1 балл – за 1 верный ответ

2.7 Известно, что из-за размерного эффекта температура плавления наночастиц серебра ниже, чем объёмной фазы серебра. Какие ТРИ из нижеперечисленных характеристик необходимо знать, чтобы оценить радиус наночастиц серебра, если известна температура плавления этих наночастиц?

- А) Поверхностное натяжение серебра на границе «твёрдое–газообразное»
- Б) Температура и удельная энтальпия образования объёмной фазы серебра
- В) Поверхностное натяжение серебра на границе «жидкое–газообразное»
- Г) Поверхностное натяжение серебра на границе «твёрдое–жидкое»
- Д) Плотность серебра
- Е) Температура и удельная энтальпия плавления объёмной фазы серебра

Ответ: Г Д Е

2.8 Какие ТРИ из приведенных ниже кристаллических соединений имеют одинаковый химический состав?

- А) галенит
- Б) сфалерит
- В) вюрцит
- Г) сульфид цинка
- Д) тридимит
- Е) пирит

Ответ: Б В Г

2.9 Какие ТРИ из перечисленных ниже утверждений являются верными?

- А) Энтальпия является функцией состояния.
- Б) Скорость реакции никогда не может зависеть от концентрации продуктов.
- В) Энергия активации не может быть отрицательной.
- Г) Если изменение энтальпии в ходе реакции меньше нуля, то при увеличении температуры равновесие смещается в сторону реагентов.
- Д) Фазовый переход жидкость/газ для воды всегда происходит при температуре 100 °С.

ONE CLICK TO OPEN ALL DOORS

Е) Время полупревращения для реакции второго порядка зависит от начальной концентрации реагента.

Ответ: А Г Е

2.10 При съемке Со-образца на рентгеновском дифрактометре трубку с каким материалом анода следует использовать, чтобы исключить возникновение флуоресцентного (вторичного) рентгеновского излучения ($\lambda_K(\text{Co}) = 1,608 \text{ \AA}$) ? Выберите ТРИ варианта ответа.

А) Fe ($\lambda_{K\alpha} = 1,937 \text{ \AA}$)

Б) Cr ($\lambda_{K\alpha} = 2,291 \text{ \AA}$)

В) Cu ($\lambda_{K\alpha} = 1,542 \text{ \AA}$)

Г) Ag ($\lambda_{K\alpha} = 0,561 \text{ \AA}$)

Д) Mo ($\lambda_{K\alpha} = 0,711 \text{ \AA}$)

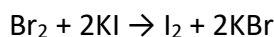
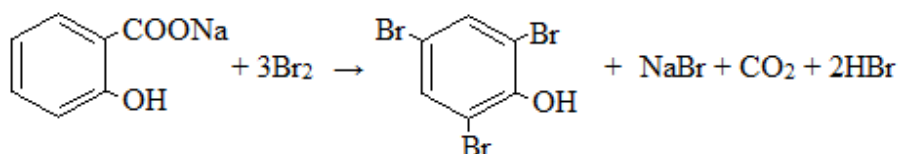
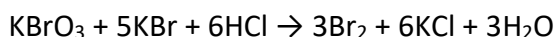
Е) Ni ($\lambda_{K\alpha} = 1,629 \text{ \AA}$)

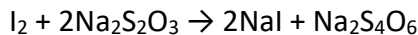
Ответ: А Б Е

Блок 3. Задания с развернутым ответом (по 12 баллов за верный ответ)

3.1 Салицилат натрия (натриевая соль ортооксибензойной кислоты) относится к группе ненаркотических анальгетиков, обладает жаропонижающим и противовоспалительным действием. Для количественного определения содержания салицилата натрия в препарате используют обратное броматометрическое титрование согласно методике: навеску препарата массой 0,075 г помещают в мерную колбу на 50 мл и объем доводят водой до метки. К полученному раствору добавляют 25,0 мл раствора бромата калия с концентрацией 0,033 моль/л, 1 г бромида калия (избыток), 10 мл 2М раствора хлороводородной кислоты и оставляют на 15 минут. Затем в колбу добавляют 1г иодида калия (избыток) и оставляют в темном месте на 10 минут. Выделившийся йод титруют раствором тиосульфата натрия с концентрацией 0,200 моль/л до обесцвечивания раствора. На титрование было израсходовано 11,20 мл раствора тиосульфата натрия. Напишите уравнения реакций, лежащих в основе данного метода количественного определения салицилата натрия (необходимо учесть, что при бромировании происходит декарбоксилирование салициловой кислоты). Рассчитайте массовую долю (в %) салицилата натрия в препарате (все реакции проходят количественно).

РЕШЕНИЕ:



Способ 1

$$v(KBrO_3) = 25 \cdot 0,033 = 0,825 \text{ ммоль} \Rightarrow v(Br_2) = 3 \cdot 0,825 = 2,475 \text{ ммоль}$$

$$v(Na_2S_2O_3) = 11,2 \cdot 0,2 = 2,24 \text{ ммоль}$$

$$v(Br_2 \text{ избыток}) = v(I_2) = 2,24/2 = 1,12 \text{ ммоль}$$

$$v(Br_2 \text{ на салицилат}) = 2,475 - 1,12 = 1,355 \text{ ммоль}$$

$$v(C_7H_5O_3Na) = 1,355/3 = 0,452 \text{ ммоль}$$

$$m(C_7H_5O_3Na) = 0,452 \cdot 160 = 72,27 \text{ мг} = 0,07227 \text{ г}$$

$$\omega(C_7H_5O_3Na) = 0,07227/0,075 = 0,964 \text{ (96, 4\%)}$$

Способ 2

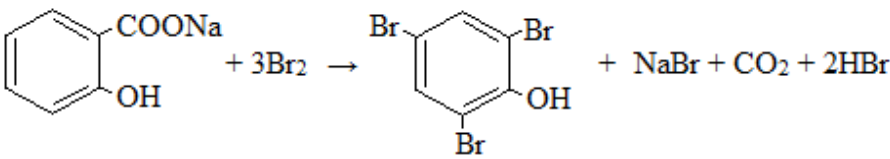
$$\omega(C_7H_5O_3Na) = \frac{[V(KBrO_3) - V(Na_2S_2O_3)] \cdot T}{m(\text{препарата})} \cdot 100$$

$$T = \frac{c(Na_2S_2O_3) \cdot M(1/6C_7H_5O_3Na)}{1000}$$

$$T = 0,2 \cdot 26,67 : 1000 = 0,00533 \text{ г/мл}$$

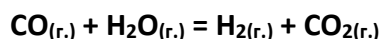
$$\omega(C_7H_5O_3Na) = (25 - 11,2) \cdot 0,00533 \cdot 100 : 0,075 = 96,4\%$$

Критерии оценивания:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>ЭЛЕМЕНТЫ ОТВЕТА:</p> <p>Составлено уравнение химической реакции:</p> $KBrO_3 + 5KBr + 6HCl \rightarrow 3Br_2 + 6KCl + 3H_2O$  $Br_2 + 2KI \rightarrow I_2 + 2KBr$ $I_2 + 2Na_2S_2O_3 \rightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$	4
$v(KBrO_3) = 25 \cdot 0,033 = 0,825 \text{ ммоль} \Rightarrow v(Br_2) = 3 \cdot 0,825 = 2,475 \text{ ммоль}$ $v(Na_2S_2O_3) = 11,2 \cdot 0,2 = 2,24 \text{ ммоль}$	6

$v(\text{Br}_2 \text{ избыток}) = v(\text{I}_2) = 2,24/2 = 1,12 \text{ ммоль}$ $v(\text{Br}_2 \text{ на салицилат}) = 2,475 - 1,12 = 1,355 \text{ ммоль}$ $v(\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}) = 1,355/3 = 0,452 \text{ ммоль}$ $m(\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}) = 0,452 \cdot 160 = 72,27 \text{ мг} = 0,07227 \text{ г}$ $\omega(\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}) = 0,07227/0,075 = 0,964 (96,4\%)$	2
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	12
Составлены уравнения реакций	4
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов, не оказывающая принципиального влияния на решение	10
Ошибка допущена в двух из названных выше элементов	6
Ошибка допущена в трех элементах	0
Максимальный балл	12

3.2 При повышенных температурах CO взаимодействует с парами воды по уравнению:



Для всех участников этой реакции известны термодинамические данные при 298 К:

Соединение	CO _(г.)	H ₂ O _(г.)	H _{2(г.)}	CO _{2(г.)}
$\Delta_f H^\circ_{298}$, кДж/моль	-110,5	-241,8	?	-393,5
S°_{298} , Дж/(моль·К)	197,6	188,7	130,5	213,7
$C_p^\circ_{298}$, Дж/(моль·К)	29,14	33,61	28,83	37,11

Определите парциальное давление CO (бар) после установления равновесия при температуре 850 °С, если в начальный момент времени в системе находились 1,00 бар CO и 2,00 бар H₂O. Процесс проводится при постоянном давлении. Считайте, что теплоёмкость не зависит от температуры. Приведите полное решение задания, ответ запишите с точностью до сотых долей бара, например, 0,66 бар.

Решение.

Водород является простым веществом, поэтому стандартная энтальпия его образования при 298 К равна нулю. Найдём стандартную энтальпию реакции при 298 К:

$$\Delta_r H^0_{298} = 0 - 393,5 + 110,5 + 241,8 = -41,2 \text{ кДж/моль}$$

Найдём изменение энтропии в этой реакции при 298 К:

$$\Delta_r S^0_{298} = 130,5 + 213,7 - 197,6 - 188,7 = -42,1 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

Найдём изменение теплоёмкости в этой реакции:

$$\Delta_r C^0_{p,298} = 28,83 + 37,11 - 29,14 - 33,61 = 3,19 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

Тогда стандартная энтальпия реакции при 850 °С

$$\Delta_r H^0_{1123} = -41,2 + 3,19 \cdot 10^{-3} \cdot (1123 - 298) = -38,6 \text{ кДж/моль}$$

Стандартная энтропия реакции при 850 °С

$$\Delta_r S^0_{1123} = -42,1 + 3,19 \cdot \ln\left(\frac{1123}{298}\right) = -37,9 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

Изменение энергии Гиббса

$$\Delta_r G^0_{1123} = -38,6 + 37,9 \cdot 10^{-3} \cdot 1123 = 3,96 \text{ кДж/моль}$$

Константа равновесия

$$K_p = \exp\left(-\frac{3960}{8,314 \cdot 1123}\right) = 0,6545$$

Пусть в результате прореагировало x бар СО. Тогда

$$K_p = \frac{x^2}{(1-x)(2-x)} = \frac{x^2}{2-3x+x^2} = 0,6545$$

$$1,528x^2 = 2 - 3x + x^2$$

$$0,528x^2 + 3x - 2 = 0$$

$$D = 9 + 4 \cdot 2 \cdot 0,528 = 13,22$$

$$x = \frac{-3 + \sqrt{13,22}}{2 \cdot 0,528} = 0,603$$

Отсюда равновесное давление СО

$$P_{\text{CO}} = 1 - 0,603 = 0,397 \text{ бар}$$

Верный ответ: 0,40 бар.

Критерии оценивания:

Стандартная энтальпия реакции при 298 К – 1 б

Изменение энтропии в реакции при 298 К – 1 б

Изменение теплоёмкости – 1 б

Стандартная энтальпия реакции при 1123 К – 2 б

Изменение энтропии в реакции при 1123 К – 2 б

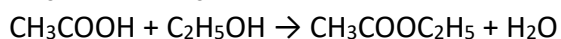
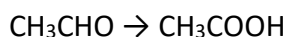
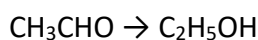
Константа равновесия – 2 б

Равновесное давление СО – 3 б

Всего: 12 б

3.3 Ацетальдегид массой 44 г разделили на две равные части. Для получения сложного эфира одну часть восстановили с выходом 70%, вторую часть окислили. В результате реакции этерификации было получено 15 г сложного эфира. Вычислите выходы реакций окисления и этерификации, если в полученной после удаления всех неорганических веществ смеси массовая доля кислоты в 1,85 раз больше, чем массовая доля спирта.

РЕШЕНИЕ:



$$v(\text{CH}_3\text{CHO}) = 44/44 = 1 \text{ моль}$$

$$v(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 15/88 = 0,17 \text{ моль}$$

$$v(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,5 \cdot 0,7 = 0,35 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_{\text{вступ}} = 46(0,35 - 0,17) = 8,28 \text{ г}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 8,28 \cdot 1,85 = 15,32 \text{ г}$$

$$v(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{вступ}} = 15,32/60 = 0,255 \text{ моль}$$

$$v(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{исх}} = 0,255 + 0,17 = 0,425 - \text{избыток}$$

$$\eta_1 = 0,425/0,5 = 0,85 \text{ (85\%)}$$

$$\eta_2 = 0,17/0,35 = 0,486 \text{ (48,6\%)}$$

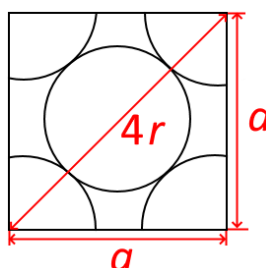
Критерии оценивания:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>ЭЛЕМЕНТЫ ОТВЕТА:</p> <p>Составлено уравнение химической реакции:</p> $\text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ $\text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$ $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$	4
$v(\text{CH}_3\text{CHO}) = 44/44 = 1 \text{ моль}$ $v(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 15/88 = 0,17 \text{ моль}$ $v(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,5 \cdot 0,7 = 0,35 \text{ моль}$ $m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_{\text{вступ}} = 46(0,35 - 0,17) = 8,28 \text{ г}$ $m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 8,28 \cdot 1,85 = 15,32 \text{ г}$	6

$v(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{вступ}} = 15,32/60 = 0,255$ моль $v(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{исх}} = 0,255 + 0,17 = 0,425$ – избыток $\eta_1 = 0,425/0,5 = 0,85$ (85%) $\eta_2 = 0,17/0,35 = 0,486$ (48,6%)	2
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	12
Составлены уравнения реакций	4
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов, не оказывающая принципиального влияния на решение	10
Ошибка допущена в двух из названных выше элементов	6
Ошибка допущена в трех элементах	0
Максимальный балл	12

3.4 Кристаллы некоторого металла имеют гранецентрированную кубическую структуру с параметром элементарной ячейки $3,62 \text{ \AA}$ (ангстрема). Определите атомный радиус этого металла в ангстремах (\AA) с точностью до сотых. Приведите полное решение задания.

Решение. В гранецентрированной кубической структуре атомы располагаются в вершинах куба и на центрах граней. Описывая структуру в рамках шаровых упаковок, можно связать параметр элементарной ячейки этой структуры a с радиусом образующих шаровые упаковки атомов r . В гранецентрированной кубической структуре касание шаров осуществляется по диагонали грани ячейки, поэтому длина этой диагонали составляет четыре радиуса шара ($4r$):



Для прямоугольного треугольника, образованного двумя рёбрами и диагональю грани куба, по теореме Пифагора имеем:

$$a^2 + a^2 = (4r)^2$$

$$2a^2 = 16r^2$$

$$a = 2\sqrt{2} r$$

$$r = \frac{\sqrt{2}}{4} a$$

Подставляя численные значения, получаем:

$$r = \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot 3,62 \approx 1,28 \text{ (Å)}.$$

Верный ответ: 1,28 Å.

Критерии оценивания

Определение направления касания атомов в структуре в рамках шаровых упаковок 2 б

Выбор прямоугольного треугольника для расчёта атомного радиуса 2 б

Запись теоремы Пифагора для выбранного прямоугольного треугольника 2 б

Вывод формулы для нахождения атомного радиуса 4 б

Численный расчёт атомного радиуса 2 б

Всего 12 б

3.5 Используя эмпирическое правило Вегарда, найдите величину параметра элементарной ячейки в Å для четырёхкомпонентного твёрдого раствора состава $A_xB_yC_{1-y}D_{1-x}$ при $x = 0,2$ и $y = 0,4$, если известны параметры элементарных ячеек бинарных соединений, входящих в его состав: $a_{AB} = 5,5 \text{ Å}$, $a_{AC} = 6,1 \text{ Å}$, $a_{DB} = 4,2 \text{ Å}$, $a_{DC} = 7,4 \text{ Å}$. Приведите полное решение задания. Ответ запишите с точностью до десятых.

Решение. Твёрдый раствор $A_xB_yC_{1-y}D_{1-x}$ состоит из следующих бинарных соединений: АВ, АС, DB и DC. Согласно правилу Вегарда, параметр элементарной ячейки четырёхкомпонентного твёрдого раствора $a(x, y)$ будет выражаться через сумму параметров элементарных ячеек бинарных соединений, входящих в его состав, взвешенных с учётом соответствующих стехиометрических коэффициентов отдельных компонентов a_{AB} , a_{AC} , a_{DB} и a_{DC} :

$$a(x, y) = xy a_{AB} + x(1-y) a_{AC} + y(1-x) a_{DB} + (1-x)(1-y) a_{DC}$$

Подставляя численные значения параметров, получаем:

$$a = 0,2 \cdot 0,4 \cdot 5,5 + 0,2 \cdot (1 - 0,4) \cdot 6,1 + 0,4 \cdot (1 - 0,2) \cdot 4,2 + (1 - 0,2) \cdot (1 - 0,4) \cdot 7,4 = 6,1 \text{ (Å)}.$$

Верный ответ: 6,1 Å

Критерии оценивания

Верная запись правила Вегарда в общем виде 8 б

Численный расчёт параметра элементарной ячейки 4 б

Всего 12 б