**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**

**ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Н.Э. БАУМАНА**

**Методические указания к выполнению домашнего задания**

**по курсу химии**

**Под редакцией В. И. Ермолаевой**

**МОСКВА 2003**

Аннотация

к рукописи “ Методические указания к выполнению домашнего задания по курсу химии” под редакцией Ермолаевой В.И.

Авторы : Бадаев Ф.З., Голубев А.М., Горшкова В.М., Горячева В.Н., Двуличанская Н.Н., Елисеева Н.М., Ермолаева В.И., Романко О.И., Степанов М.Б., Татьянина И.В., Фадеев Г.Н.

Методические указания содержат задачи по основным разделам курса химии: строение вещества (атом, молекула, кристалл), окислительно-восстановительные реакции, химическая термодинамика, химическая кинетика, которые включены в домашнее задание 1-ого семестра, а также примеры решения типовых задач.

Методические указания предназначены для студентов всех факультетов, изучающих базовый курс химии.

**ВВЕДЕНИЕ.**

 Методические указания содержат задачи по следующим разделам курса химии: строение вещества (атом, молекула, кристалл), окислительно-восстановительные реакции, химическая термодинамика, химическая кинетика, которые включены в домашнее задание 1-ого семестра, а также примеры решения задач.

В разделе “Строение вещества” предлагаются задачи на составление электронных конфигураций атомов и ионов, которые позволяют объяснить периодический характер изменения свойств атомов; посредством методов валентных связей и молекулярных орбиталей предлагается описать структуру молекул и объяснить энергию, длину и полярность связи, для кристаллов предлагается вычислить некоторые параметры решеток кубической сингонии.

В разделе “Химическая термодинамика” приводятся задачи по 1-ому и 2-ому законам термодинамики (определение теплового эффекта реакции, возможности ее протекания в заданных условиях) и химическому равновесию в гомогенных и гетерогенных системах (расчет константы равновесия, влияние изменения условий на направление реакции, определение равновесного состава реагирующей смеси).

В разделе «Химическая кинетика» приводятся задачи на определение скорости химической реакции и ее зависимости от концентрации и температуры.

При выполнении домашнего задания студент получает от преподавателя индивидуальный набор задач, включающий указанные разделы курса химии.

В методических указаниях приведены примеры решения типовых задач по всем разделам.

 **Оглавление**

 Введение

 Строение вещества ( атом, молекула, кристалл)

 Окислительно-восстановительные реакции

 Химическая термодинамика

 Химическая кинетика

 Примеры решения задач

# **Раздел 1. Строение вещества: атом, молекула, кристалл**

# **1.1. Атом**

 **В задачах (1-15)** по заданным координатам атома (период, группа) найдите элемент в Периодической системе, составьте полную электронную формулу атома, покажите распределение электронов по квантовым ячейкам, укажите, диамагнитными или парамагнитными свойствами обладают нейтральные атомы данного элемента.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Период | Группа | №п/п | Период | Группа | № п/п | Период | Группа |
| 1 | 4 | YI B | 6 | 4 | I B | 11 | 4 | Y B |
| 2 | 5 | Y A | 7 | 4 | YII A | 12 | 4 | IY A |
| 3 | 3 | YI A | 8 | 5 | I A | 13 | 4 | IY B |
| 4 | 4 | Y B | 9 | 4 | II B | 14 | 3 | YII A |
| 5 | 5 | II A | 10 | 4 | YII B | 15 | 5 | YI B |

 **В задачах (16-30)** укажите значения квантовых чисел *n* и *l* для электронов внешнего энергетического уровня в атомах элементов с порядковыми номерами  *Z*. Составьте полную электронную формулу атома элемента, покажите распределение электронов по квантовым ячейкам.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | *Z* | № п/п | *Z* | № п/п | *Z* | № п/п | *Z* | № п/п | *Z* |
| 16 | 11 | 19 | 23 | 22 | 17 | 25 | 30 | 28 | 31 |
| 17 | 14 | 20 | 33 | 23 | 12 | 26 | 25 | 29 | 37 |
| 18 | 20 | 21 | 15 | 24 | 7 | 27 | 35 | 30 | 24 |

**В задачах (31-44)** объясните изменение первой энергии ионизации в указанном ряду атомов элементов. Составьте полные электронные формулы атомов элементов, покажите распределение электронов по квантовым ячейкам.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Элемент | № п/п | Элемент |
| Первая энергия ионизации, эВ | Первая энергия ионизации, эВ |
| 31 | Li | Na | K | 38 | Li | Be | B |
| 5,39 | 5,14 | 4,34 | 5,39 | 9,32 | 8,296 |
| 32 | Be | Mg | Ca | 39 | C | N | O |
| 9,32 | 7,64 | 6,11 | 11,26 | 14,54 | 13,61 |
| 33 | B | Al | Ga | 40 | K | Ca | Sc |
| 8,29 | 5,98 | 6,00 | 4,34 | 6,11 | 6,56 |
| 34 | C | Si | Ge | 41 | Na | Mg | Al |
| 11,26 | 8,15 | 7,88 | 5,14 | 7,64 | 5,98 |
| 35 | Cu | Ag | Au | 42 | B | C | N |
| 7,72 | 7,57 | 9,22 | 8,29 | 11,26 | 14,54 |
| 36 | Zn | Cd | Hg | 43 | O | F | Ne |
| 9,39 | 8,99 | 10,34 | 13,61 | 17,42 | 21,56 |
| 37 | N | P | As | 44 | Al | Si | P |
| 14,54 | 10,55 | 9,81 | 5,98 | 8,15 | 10,55 |

**В задачах (45-58)** объясните изменение радиуса в указанном ряду атомов элементов. Составьте полные электронные формулы атомов элементов, покажите распределение электронов по квантовым ячейкам.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Элемент | № п/п | Элемент |
| Атомный радиус,R∙10 10, м | Атомный радиус,R∙1010, м |
| 45 | Li | Na | K | 52 | Li | Be | B |
| 1,55 | 1,89 | 2,36 | 1,55 | 1,13 | 0,91 |
| 46 | Be | Mg | Ca | 53 | C | N | O |
| 1,13 | 1,60 | 1,97 | 0,77 | 0,75 | 0,73 |
| 47 | B | Al | Ga | 54 | K | Ca | Sc |
| 0,91 | 1,42 | 1,39 | 2,36 | 1,97 | 1,64 |
| 48 | C | Si | Ge | 55 | Na | Mg | Al |
| 0,77 | 1,34 | 1,39 | 1,89 | 1,60 | 1,43 |
| 49 | Sc | Ti | V | 56 | B | C | N |
| 1,64 | 1,46 | 1,34 | 0,81 | 0,77 | 0,75 |
| 50 | Fe | Co | Ni | 57 | O | F | Ne |
| 1,26 | 1,25 | 1,24 | 0,73 | 0,72 | 0,70 |
| 51 | N | P | As | 58 | Al | Si | P |
| 0,71 | 1,30 | 1,48 | 1,43 | 1,34 | 1,30 |

**В задачах (59-82)** составьте полную электронную формулу атома элемента в основном и возбужденном состоянии, покажите распределение электронов по квантовым ячейкам, укажите, диамагнитными или парамагнитными свойствами обладают нейтральные атомы данного элемента в стабильном состоянии. Изобразите орбитали внешнего энергетического уровня атома в стабильном состоянии.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Элемент | № п/п | Элемент | № п/п | Элемент | № п/п | Элемент |
| 59 | Mg | 65 | Al | 71 | Ge | 77 | Fe |
| 60 | Ga | 66 | Sc | 72 | S | 78 | Co |
| 61 | Ti | 67 | V | 73 | Mn | 79 | Cu |
| 62 | P | 68 | Sn | 74 | Zr | 80 | Br |
| 63 | Cl | 69 | Se | 75 | Ca | 81 | As |
| 64 | Si | 70 | Zn | 76 | Cr | 82 | Ni |

**1.2. Молекула**

**В задачах (83-88)**, используя метод молекулярных орбиталей, объясните различную длину связи *d* в молекулах и молекулярных ионах

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Моле-Кула | Длина связи, *d*∙1012, м | Ион | Длина связи, *d* ∙1012, м  | № п/п | Моле-кула | Длина связи, *d* ∙1012, м  | Ион | Длина связи, *d* ∙1012, м  |
| 83 | Cl2 | 199 | Cl2+- | 189 | 86 | C2 | 124 | C2+- | 146 |
| 84 | F2 | 144 | F2+- | 133 | 87 | O2 | 121 | O2- | 134 |
| 85 | C2 | 124 | C2- | 127 | 88 | H2 | 74 | Н2+ | 106 |

**В задачах (89-94),** используя метод молекулярных орбиталей, объясните различные значения энергии связи *Е*  в частицах

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Частица | *Е*, кДж/моль | Частица | *Е*, кДж/моль |
| 89 | Р2 | 489 | Р2+ | 430 |
| 90 | S2+ | 522 | S2 | 426 |
| 91 | O2- | 207 | O2+ | 646 |
| 92 | N2- | 598 | N2 | 945 |
| 93 | Cl2- | 124 | Cl2+ | 392 |
| 94 | I2 | 153 | I2+ | 254 |

**В задачах (95-100),** используя метод молекулярных орбиталей, изобразите энергетические диаграммы частиц, определите порядок связи, сравните прочность связи, укажите характер магнитных свойств частиц.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Молекула | Ион | №  п/п | Молекула | Ион |
| 95 | О2 | О2+ | 98 | N2 | N2-2 |
| 96 | С2 | С2- | 99 | F2 | F2+ |
| 97 | Р2 | Р2+ | 100 | Be2 | Be2- |

**В задачах (101-109)** , используя метод молекулярных орбиталей, изобразите энергетические диаграммы молекул, определите порядок связи, укажите характер магнитных свойств частиц.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Молекулы | № п/п | Молекулы | № п/п | Молекулы |
| 101 | Al2 | F2 | 104 | C2 | Cl2 | 107 | N2 | Mg2 |
| 102 | B2 | Na2 | 105 | Be2 | S2 | 108 | O2 | Na2 |
| 103 | Li2 | P2 | 106 | Mg2 | Si2 | 109 | F2 | Al2 |

**В задачах (110-161)** объясните экспериментально установленное строение молекул или ионов, используя метод валентных связей. Укажите тип гибридизации орбиталей центрального атома, изобразите перекрывание орбиталей и определите, полярна ли эта частица.

*Внимание!*  В условиях задач 110-205 структурные формулы элементов записаны в виде В-А-В (В-А-В\*), где *А* - центральный атом, *В* - концевые атомы. Для бипирамид: *В* - атомы в экваториальной плоскости, *В\*-* атомы в аксиальных положениях. В случае тригональной бипирамиды неподеленные пары электронов располагаются в экваториальной плоскости, у октаэдра – в аксиальных положениях.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Частица | Геометрическая форма частицы | Валентные углы (град.) |
| 110 | BeCl2 | Линейная | Cl-Be-Cl 180 |
| 111 | COS | «-« | O-C-S 180 |
| 112 | CNF | «-« | N-C-F 180 |
| 113 | HCN | «-« | H-C-N 180 |
| 114 | NCS- | «-« | N-C-S 180 |
| 115 | OCN- | «-« | O-C-N 180 |
| 116 | SnO2 | «-« | O-Sn-O 180 |
| 117 | AlBr3 | Плоский треугольник | Br-Al-Br 120 |
| 118 | COCl2 | «-« | Cl-C-Cl 111;Cl-C-O 124 |
| 119 | BCl3 | «-« | Cl-B-Cl 120 |
| 120 | GaCl3 | «-« | Cl-Ga-Cl 120 |
| 121 | NOF | Угловая | O-N-F 110 |
| 122 | SiF2 | «-« | F-Si-F 101 |
| 123 | GeCl2 | «-« | Cl-Ge-Cl 107 |
| 124 | PbF2 | «-« | F-Pb-F 90 |
| 125 | [BeF4]2- | Тетраэдр | F-Be-F 109,5 |
| 126 | [AlH4]- | «-« | H-Al-H 109,5 |
| 127 | [GaH4]- | «-« | H-Ga-H 109,5 |
| 128 | GeF4 | «-« | F-Ge-F 109,5 |
| 129 | PH4+ | «-« | H-P-H 109,5 |
| 130 | SiBr4 | «-« | Br-Si-Br 109,5 |
| 131 | H3O+ | Тригональная пирамида | H-O-H 109 |
| 132 | H3S+ | «-« | H-S-H 96 |
| 133 | NHF2 | «-« | H-N-F 100; F-N-F 103 |
| 134 | AsCl3 | «-« | Cl-As-Cl 99 |
| 135 | PCl2F | «-« | Cl-P-Cl 104; Cl-P-F 102 |
| 136 | SbCl3 | «-« | Cl-Sb-Cl 97 |
| 137 | [ClF2]+ | Угловая | F-Cl-F 100 |
| 138 | HOF | «-« | H-O-F 97 |
| 139 | OF2 | «-« | F-O-F 103 |
| 140 | NH2- | «-« | H-N-H 104 |
| 141 | SCl2 | «-« | Cl-S-Cl 103 |
| 142 | PCl5 | Тригональная бипирамида | Cl-P-Cl 120; Cl-P-Cl\*90 |
| 143 | AsF5 | «-« | F-As-F 120; F-As-F\* 90 |
| 144 | SF4 | Искаженный тетраэдр | F-S-F 104; F-S-F\* 89 |
| 145 | TeCl4 | «-« | Cl-Te-Cl 120;Cl-Te-Cl\* 93 |
| 146 | BrF3 | Т-конфигурация | F-Br-F\* 86; F\*-Br-F\*188 |
| 147 | [XeF3]+ | «-« | F-Xe-F\* 80-82;F\*-Xe-F\* 162 |
| 148 | XeF2 | Линейная | F\*-Xe-F\* 180 |
| 149 | [IBrCl]- | «-« | Br\*-I-Cl\* 180 |
| 150 | SClF5 | Октаэдр | F-S-F 90; Cl-S-F 90 |
| 151 | SeF6 | «-« | F-Se-F 90 |
| 152 | [AlF6]3- | «-« | F-Al-F 90 |
| 153 | [SiF6]2- | «-« | F-Si-F 90 |
| 154 | [GeCl6]2- | «-« | Cl-Ge-Cl 90 |
| 155 | [AsF6]- | «-« | F-As-F 90 |
| 156 | ClF5 | Квадратная пирамида | F-Cl-F 90; F-Cl-F\* 86 |
| 157 | BrF5 | «-« | F-Br-F 90; F-Br-F\* 85 |
| 158 | [SbF5]2- | «-« | F-Sb-F 90; F-Sb-F\* 90 |
| 159 | [BrF4]- | Плоский квадрат | F-Br-F 90 |
| 160 | [ICl4]- | «-« | Cl-I-Cl 90 |
| 161 | XeF4 | «-« | F-Xe-F 90 |

**В задачах (162-179)** приведены частицы, имеющие одинаковую геометрическую форму. Используя метод валентных связей (см. примечание к задачам 110-161), укажите, одинаковые ли орбитали участвуют в образовании связей, приведите схему их перекрывания.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Частица 1 | Углы (град.) | Частица 2 | Углы (град.) | Форма частиц |
| 162 | BeF2 | F-Be-F 180 | KrF2 | F\*-Kr-F\* 180 | Линейная |
| 163 | CO2 | O-C-O 180 | XeF2 | F\*-Xe-F\*180 | «-« |
| 164 | CNCl | N-C-Cl 180 | [ICl2]- | Cl\*-I-Cl\* 180 | «-« |
| 165 | NCS- | N-C-S 180 | [IBr2]- | Br\*-I-Br\*180 | «-« |
| 166 | NOF | O-N-F 110 | [ClF2]+ | F-Cl-F 100 | Угловая |
| 167 | GeCl2 | Cl-Ge-Cl 107 | H2O | H-O-H 105 | «-« |
| 168 | SnF2 | F-Sn-F 94 | NH2- | H-N-H 104 | «-« |
| 169 | PbBr2 | Br-Pb-Br 95 | HOF | H-O-F 97 | «-« |
| 170 | NOCl | O-N-Cl 113 | SCl2 | Cl-S-Cl 103 | «-« |
| 171 | PbF2 | F-Pb-F 90 | [BrF2]+ | F-Br-F 94 | «-« |
| 172 | NOBr | O-N-Br 115 | H2S | H-S-H 92 | «-« |
| 173 | SiF2 | F-Si-F 101 | OF2 | F-O-F 103 | «-« |
| 174 | SnF2 | F-Sn-F 94 | H2Se | H-Se-H 91 | «-« |
| 175 | PbCl2 | Cl-Pb-Cl 96 | H2Te | H-Te-H 90 | «-« |
| 176 | [BH4]- | H-B-H 109,5 | SF4 | F-S-F 104;F-S-F\* 89 | Тетраэдр |
| 177 | CI4 | I-C-I 109,5 | TeCl4 | Cl-Te-Cl 120;Cl-Te-Cl\* 93 | «-« |
| 178 | SiF4 | F-Si-F 109,5 | SF4 | F-S-F 104;F-S-F\* 89 | «-« |
| 179 | SnH4 | H-Sn-H 109,5 | TeCl4 | Cl-Te-Cl 120;Cl-Te-Cl\* 93 | «-« |

**В задачах (180-205)** приведены частицы, состоящие из одного и того же количества атомов. Используя метод валентных связей, укажите орбитали, принимающие участие в образовании связей, изобразите геометрическое строение указанных частиц (см. примечание к задачам 110-161.)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Частица 1 | Валентные углы (град.) | Частица 2 | Валентные углы (град.) |
| 180 | BeCl2 | Cl-Be-Cl 180 | NOBr | O-N-Br 115 |
| 181 | CS2 | S-C-S 180 | GeCl2 | Cl-Ge-Cl 107 |
| 182 | HCN | H-C-N 180 | SnI2 | I-Sn-I 95 |
| 183 | CNBr | N-C-Br 180 | PbF2 | F-Pb-F 90 |
| 184 | SnO2 | O-Sn-O 180 | [ClF2]+ | F-Cl-F 100 |
| 185 | OCN- | O-C-N 180 | OF2 | F-O-F 103 |
| 186 | BeBr2 | Br-Be-Br 180 | SCl2 | Cl-S-Cl 103 |
| 187 | COS | O-C-S 180 | KrF2 | F\*-Kr-F\* 180 |
| 188 | CNCl | N-C-Cl 180 | XeF2 | F\*-Xe-F\* 180 |
| 189 | CNI | N-C-I 180 | [IBr2]- | Br\*-I-Br\* 180 |
| 190 | BeF2 | F-Be-F 180 | [IBrCl]- | Br\*-I-Cl\* 180 |
| 191 | BeI2 | I-Be-I 180 | KrF2 | F\*-Kr-F\* 180 |
| 192 | AlCl3 | Cl-Al-Cl 120 | H3O+ | H-O-H 109 |
| 193 | COF2 | F-C-F 108; F-C-O 126 | NHF2 | H-N-F 100; F-N-F 103 |
| 194 | BBr3 | Br-B-Br 120 | AsF3 | F-As-F 96 |
| 195 | GaCl3 | Cl-Ga-Cl 120 | PCl3 | Cl-P-Cl 100 |
| 196 | CSCl2 | Cl-C-Cl 111; Cl-C-S 124 | SbF3 | F-Sb-F 95 |
| 197 | GaBr3 | Br-Ga-Br 120 | BrF3 | F-Br-F\* 86;F\*-Br-F\* 188 |
| 198 | AlF3 | F-Al-F 120 | [XeF3]+ | F-Xe-F\* 80-82;F\*-Xe-F\* 162 |
| 199 | [BeF4]2- | F-Be-F 109,5 | SF4 | F-S-F 104; F-S-F\*  89 |
| 200 | [AlCl4]- | Cl-Al-Cl 109,5 | [BrF4]- | F-Br-F 90 |
| 201 | SiCl4 | Cl-Si-Cl 109,5 | [ICl4]- | Cl-I-Cl 90 |
| 202 | SnF4 | F-Sn-F 109,5 | XeF4 | F-Xe-F 90 |
| 203 | PF5 | F-P-F 120;F-P-F\* 90 | ClF5 | F-Cl-F 90;F-Cl-F\* 86 |
| 204 | AsF5 | F-As-F 120;F-As-F\* 90 | [XeF5]+ | F-Xe-F 90;F-Xe-F\* 79-83 |
| 205 | PCl5 | Cl-P-Cl 120;Cl-P-Cl\* 90 | [SbF5]2- | F-Sb-F 90;F-Sb-F\* 90 |

1.3. Кристалл

**В задачах (206-225)** определите, используя приведенные ниже экспериментальные данные, структурный тип кристаллической решетки, в которой кристаллизуется данный металл (гранецентрированная кубическая, объемноцентрированная кубическая или типа алмаза), рассчитайте эффективный радиус атома металла, изобразите элементарную ячейку, укажите координационное число.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Металл | Плотность,г/см3 | Ребро куба *а ∙* 1010 , м | № п/п | Металл | Плотность, г/см3 | Ребро куба*а ∙* 1010 , м |
| 206 | Сг | 7,00 | 2,89 | 216 | Сu | 8,90 | 3,62 |
| 207 | V | 6,10 | 3,04 | 217 | Sn | 5,75 | 6,46 |
| 208 | W | 19,20 | 3,16 | 218 | Nb | 3,47 | 3,30 |
| 209 | Rb | 1,53 | 5,6 | 219 | Та | 3,31 | 3,30 |
| 210 | Rb | 11,34 | 4,95 | 220 | -Fe | 7,80 | 2,87 |
| 211 | Au | 19,32 | 4,08 | 221 | Mo | 10,20 | 3,15 |
| 212 | Na | 0,97 | 4,20 | 222 | Cs | 1,90 | 6,00 |
| 213 | Ge | 5,32 | 5,65 | 223 | Ba | 3,75 | 5,02 |
| 214 | Li | 0,53 | 3,5 | 224 | γ -Fe | 8,14 | 3,64 |
| 215 | Pt | 21,45 | 4,93 | 225 | Al | 2,70 | 4,05 |

**В задачах (226-245)** определите, используя приведенные ниже экспериментальные данные, структурный тип кристаллической решетки, в которой кристаллизуется данное вещество (структурный тип NaCl или CsCl), рассчитайте ионный радиус катиона, изобразите элементарную ячейку, укажите координационное число.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Соеди-нение | Радиусаниона*R*∙ 1010, м | Плотность, г/см3 | Ребро куба, *а ∙* 1010,м  | № п/п | Соеди-нение | Радиусаниона*R∙* 1010, м | Плотность, г/см3 | Ребро куба,  *а ∙* 1010 , м |
| 226 | AgCl | 1,81 | 5,56 | 5,55 | 236 | LiF | 1,33 | 2,63 | 4,03 |
| 227 | KF | 1,33 | 249 | 5,34 | 237 | TlCl | 1,81 | 7,00 | 3,86 |
| 228 | PbS | 1,85 | 7,50 | 5,92 | 238 | CaS | 1,85 | 2,61 | 5,68 |
| 229 | КС1 | 1,81 | 1,98 | 6,29 | 239 | MnO | 1,40 | 5,44 | 4,44 |
| 230 | AgF | 1,33 | 5,85 | 5,24 | 240 | CdO | 1,40 | 8,15 | 4,70 |
| 231 | СsВг | 1,96 | 4,44 | 4,30 | 241 | CsH | 1,36 | 3,42 | 6,39 |
| 232 | LiCl | 1,81 | 2,07 | 5,14 | 242 | TlI | 2,19 | 7,29 | 4,21 |
| 233 | RbF | 1,33 | 3,87 | 5,64 | 243 | TiO | 1,40 | 5,52 | 4,25 |
| 234 | Csl | 2,19 | 4,51 | 4,57 | 244 | MgS | 1,85 | 2,66 | 5,20 |
| 235 | RbCl | 1,81 | 2,76 | 6,55 | 245 | TIBr | 1,95 | 7,56 | 3,98 |

**В задачах (246-265)** определите структурный тип соединения (СsС1, NaCl или ZnS) по приведенным ниже экспериментальным данным, изобразите элементарную ячейку, укажите координационное число ионов или атомов.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Соеди-нение | *R*катиона∙1010,м | *R*аниона∙1010,м | Плотность,г/см3 | №п/п | Соеди-нение | *R*катиона∙1010,м | *R*аниона ∙1010,м | Плотность,г/см3 |
| 246 | CuBr | 0,60 | 1,95 | 5,826 | 256 | NiAI | 1,35 | 1,25 | 6,05 |
| 247 | AuZn | 1,42 | 1,32 | 13,81 | 257 | RbBr | 1,47 | 1,95 | 3,40 |
| 248 | MnS | 0,80 | 1,85 | 3,99 | 258 | CdTe | 0,78 | 2,20 | 6,356 |
| 249 | АlP | 1,30 | 1,0 | 2,40 | 259 | NaF | 0,97 | 1,33 | 2,558 |
| 250 | SnSb | 1,90 | 1,50 | 6,90 | 260 | CuBe | 1,24 | 1,07 | 6,09 |
| 251 | CoAl | 1,35 | 1,25 | 6,12 | 261 | CdS | 0,78 | 1,85 | 4,82 |
| 252 | SiC | 1,10 | 0,70 | 3,27 | 262 | CoO | 0,72 | 1,40 | 6,43 |
| 253 | CuPd | 1,24 | 1,34 | 10,8 | 263 | ZnTe | 1,32 | 2,20 | 6,34 |
| 254 | SrTe | 1,12 | 2,20 | 4,84 | 264 | NbN | 0,72 | 1,46 | 8,4 |
| 255 | CuCl | 0,60 | 1,81 | 5,823 | 265 | MgO | 0,66 | 1,40 | 3,58 |

**В задачах (266-285)** определите формулу соединения, кристаллизующегося в кубической сингонии, по следующим данным (число атомов в формуле только целое, Z –число формульных единиц в элементарной ячейке):

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Эле-менты | Плотность,г/см3 | Ребро куба*а*∙1010 , м | Z | №п/п | Эле-менты | Плотность,г/см3 | Ребро куба*а*∙1010 , м | Z |
| 266 | К, Та, О | 7,01 | 3,99 | 1 | 276 | Fe, Mn, О | 4,80 | 8,61 | 8 |
| 267 | Al,Au | 7,65 | 6,01 | 4 | 277 | K, Cl, O | 2,524 | 7,14 | 4 |
| 268 | С, Si | 3,22 | 4,37 | 4 | 278 | Ti, Br | 3,41 | 11,27 | 8 |
| 269 | Fe,0 | 5,17 | 8,41 | 8 | 279 | Mg, Ce | 3,05 | 7,74 | 4 |
| 270 | La, О | 5,82 | 11,42 | 16 | 280 | Mg, N | 2,71 | 9,97 | 16 |
| 271 | Се, В | 4,73 | 4,16 | 1 | 281 | Ni, S | 4,7 | 9,48 | 8 |
| 272 | K, Pd, Cl | 2,74 | 9,88 | 4 | 282 | Te, Ru | 9,15 | 6,37 | 4 |
| 273 | Mg, Sn | 3,57 | 6,78 | 4 | 283 | Mn, Cr, S | 3,72 | 10,08 | 8 |
| 274 | Al, Sb | 4,33 | 6,11 | 4 | 284 | Fe, Al | 6,59 | 5,95 | 4 |
| 275 | Me, Hg | 9,09 | 3,45 | 1 | 285 | N, V | 6,13 | 4,14 | 4 |

##### Раздел 2. Окислительно-восстановительные реакции

**В задачах (286-369)** подберите коэффициенты к уравнениям окислительно-восстановительных реакций, используя метод электронно-ионного баланса, укажите окислитель и восстановитель, процессы окисления и восстановления.

|  |  |
| --- | --- |
| №п/п | Уравнение окислительно-восстановительной реакции. |
|  286 | KMnO4 + HCl  Cl2 + MnCl2 + KCl + H2O |
| 287 | MnO2 + HCl  Cl2 + MnCl2 + H2O |
| 288 | KMnO4 + KNO2 + H2SO4  MnSO4 + KNO3 + K2SO4 + H2O |
| 289 | Au + HNO3 + HCl  H[AuCl4] + NO + H2O |
| 290 | Si + HNO3 + HF  H2[SiF6] + NO + H2O |
| 291 | K2MnO4 + H2O  KMnO4 + MnO2 + KOH |
| 292 | KClO3 + KJ + H2SO4  KCl + J2 + K2SO4 + H2O |
| 293 | K2Cr2O7 + KNO2 + H2SO4  Cr2(SO4)3 + KNO3 + K2SO4 + H2O |
| 294 | Na2SO3 + H2S + H2SO4  Na2SO4 + S + H2O |
| 295 | KMnO4 + H2S + H2SO4  MnSO4 + S + K2SO4 + H2O |
| 296 | KMnO4 + C6H12O6 + H2SO4  MnSO4 + CO2 + K2SO4 + H2O |
| 297 | H2O2 + FeSO4 + H2SO4  Fe2(SO4)3 + H2O |
| 298 | K2Cr2O7 + H2O2 + H2SO4  Cr2(SO4)3 + O2 + K2SO4 + H2O |
| 299 | Br2 + K3[Cr(OH)6] + KOH  KBr + K2CrO4 + H2O |
| 300 | Cl2 + NaOH  NaClO3 + NaCl + H2O |
| 301 | Cu + HNO3  Cu(NO3)2 + NO + H2O |
| 302 | Fe + HNO3  Fe(NO3)3 + NO2 + H2O |
| 303 | KMnO4 + K2HPO3 + H2SO4  MnSO4 + H3PO4 + K2SO4 + H2O |
| 304 | Zn + H2SO4  ZnSO4 + H2S + H2O |
| 305 | KBrO3 + KBr + H2SO4  Br2 + K2SO4 + H2O |
| 306 | HJO3 + P + H2O  HJ + H3PO4 |
| 307 | Cl2 + H2S + H2O  HCl + H2SO4 |
| 308 | KMnO4 + Na2SO3 + H2O  MnO2 + Na2SO4 + KOH |
| 309 | HNO3 + PbS  NO + S + Pb(NO3)2 + H2O |
| 310 | HNO3 + P + H2O  NO + H3PO4 |
| 311 | KMnO4 + K2SO3 + KOH  K2MnO4 + K2SO4 + H2O |
| 312 | HNO3 + Cu2O  NO + Cu(NO3)2 + H2O |
| 313 | HNO3 + Ca  NH4NO3 + Ca(NO3)2 + H2O |
| 314 | NaMnO4 + Na2S + H2SO4  MnSO4 + S + Na2SO4 + H2O |
| 315 | KMnO4 + HBr  MnBr2 + Br2 + KBr + H2O |
| 316 | HClO3 + P + H2O  HCl + H3PO4 |
| 317 | KMnO4 + H3AsO3 + H2SO4  MnSO4 + H3AsO4 + K2SO4 + H2O |
| 318 | Br2 + NaCrO2 + NaOH  NaBr + Na2CrO4 + H2O |
| 319 | Zn + HNO3  Zn(NO3)2 + N2O + H2O |
| 320 | KClO3 + FeSO4 + H2SO4  KCl + Fe2(SO4)3 + H2O |
| 321 | K2Cr2O7 + HCl  CrCl3 + Cl2 + KCl + H2O |
| 322 | CrO3 + HCl  CrCl3 + Cl2 + H2O |
| 323 | KMnO4 + Cd + H2SO4  MnSO4 + CdSO4 + K2SO4 + H2O |
| 324 | Cr2O3 + KClO3 + KOH  K2CrO4 + KCl + H2O |
| 325 | PbO2 + MnSO4 + HNO3  Pb(NO3)2 + HMnO4 + PbSO4 + H2O |
| 326 | Na2Cr2O7 + FeSO4 + H2SO4  Cr2(SO4)3 + Fe2(SO4)3 + Na2SO4 + H2O |
| 327 | KMnO4 + FeSO4 + H2SO4  MnSO4 + Fe2(SO4)3 + K2SO4 + H2O |
| 328 | KMnO4 + H2C2O4 + H2SO4  MnSO4 + CO2 + K2SO4 + H2O |
| 329 | K2Cr2O7 + H2[HPO3] + H2SO4  Cr2(SO4)3 + H3PO4 + K2SO4 + H2O |
| 330 | PbO2 + HNO2 + H2SO4  PbSO4 + HNO3 + H2O |
| 331 | HBrO3 + SO2 + H2O  Br2 + H2SO4 |
| 332 | KMnO4 + SO2 + KOH  MnO2 + K2SO4 + H2O |
| 333 | KMnO4 + NaNO2 + KOH  K2MnO4 + NaNO3 + H2O  |
| 334 | Mg + H2SO4  MgSO4 + H2S + H2O |
| 335 | KСlO3 + HCl  Cl2 + KCl + H2O |
| 336 | HСlO + J2 + H2O  HCl + HJO3 |
| 337 | NaBrO3 + NaBr + H2SO4  Br2 + Na2SO4 + H2O |
| 338 | Al + H2O + NaOH  Na[Al(OH)4] + H2 |
| 339 | KNO2 + KJ + H2SO4  NO + J2 + K2SO4 + H2O |
| 340 | K2Cr2O7 + + SnCl2 + HCl  CrCl3 + SnCl4 + KCl + H2O |
| 341 | KMnO4 + K2SO3 + NaOH  K2MnO4 + Na2MnO4 + K2SO4 + H2O |
| 342 | KMnO4 + H2O2  MnO2 + O2 + KOH + H2O |
| 343 | H2O2 + CrCl3 + NaOH  Na2CrO4 + NaCl + H2O |
| 344 | H2O2 + Hg(NO3)2 + NaOH  O2 + Hg + NaNO3 + H2O |
| 345 | HJO3 + H2O2  J2 + O2 + H2O |
| 346 | KMnO4 + Zn + H2SO4  MnSO4 + ZnSO4 + K2SO4 + H2O |
| 347 | NaClO + KJ + H2SO4  NaCl + J2 + K2SO4 + H2O |
| 348 | MnO2 + H2C2O4 + H2SO4  MnSO4 + CO2 + H2O |
| 349 | PbO2 + Mn(NO3)2 + HNO3  Pb(NO3)2 + HMnO4 + H2O |
| 350 | Na2WO4 + SnCl2 + HCl  W2O5 + SnCl4 + NaCl + H2O |
| 351 | KClO3 + MnSO4 + KOH  K2MnO4 + KCl + K2SO4 + H2O |
| 352 | Na2SeO3 + Cl2 + NaOH  Na2SeO4 + NaCl + H2O |
| 353 | HNO3 + FeCl2 + HCl  NO + FeCl3 + H2O |
| 354 | KMnO4 + PH3 + H2SO4  MnSO4 + H3PO4 + K2SO4 + H2O |
| 355 | MnSO4 + H2O2 + KOH  MnO2 + K2SO4 + H2O |
| 356 | KClO3 + K2S + H2SO4  KCl + S + K2SO4 + H2O |
| 357 | KNO3 + KJ + HCl  NO + J2 + KCl + H2O |
| 358 | K2Cr2O7 + Al + H2SO4  Cr2(SO4)3 + Al2(SO4)3 + K2SO4 + H2O |
| 359 | Bi(NO3)3 + K2SnO2 + KOH  Bi + K2SnO3 + KNO3 + H2O |
| 360 | NaNO3 + Al + NaOH  NH3 + Na[Al(OH)4] |
| 361 | HNO3 + Ti + H2O  NO + H2TiO3 |
| 362 | Cl2 + K2S + KOH  KCl + K2SO4 + H2O |
| 363 | KNO3 + Cr2O3 + KOH  KNO2 + K2CrO4 + H2O |
| 364 | Cl2 + CrCl3 + NaOH  NaCl + Na2CrO4 + H2O |
| 365 | S + KOH  K2SO3 + K2S + H2O |
| 366 | KMnO4 + MnSO4 + KOH  MnO2 + K2SO4 + H2O |
| 367 | AgNO3 + H2O2 + KOH  Ag + KNO3 + O2 + H2O |
| 368 | KBrO + MnCl2 + KOH  KBr + MnO2 + KCl + H2O |
| 369 | K2MnO4 + K2S + H2O  MnO2 + S + KOH |

**Раздел 3. Химическая термодинамика.**

 **3.1. Первый закон термодинамики.**

**В задачах (370-394)** определите стандартный тепловой эффект реакции при:

 а) изобарном её проведении -  r *H* 0298;

 б) изохорном её проведении -  r*U* 0298

(стандартные значения термодинамических функций приведены в приложении )

|  |  |
| --- | --- |
| №п/п | Уравнение реакции |
| 370 | 4HCl (г) +O2 (г) = 2H2O (г) + 2Cl2 (г) |
| 371 | CH4 (г) + 2O2 (г) = CO2 (г) + 2H2O (ж) |
| 372 | Fe3O4 (к) + 4CO (г) = 3Fe (к) + 4CO2 (г) |
| 373 | 3Fe3O4 (к) + 8Al (к) = 4Al2O3 (к) + 9Fe (к) |
| 374 | 3H2O (г) + 2Al (к) = Al2O3 (к) + 3H2 (г) |
| 375 | Fe3O4 (к) + 4H2 (г) = 3Fe (к) + 4H2O (г) |
| 376 | S (к)+ 2N2O (г) = SO2 (г) + 2N2 (г) |
| 377 | H2S (г) + Cl2 (г) = 2HCl (г) + S (к) |
| 378 | CO (г) + H2O (г) = CO2 (г) + H2 (г) |
| 379 | Fe2O3 (к) + 3CO (г) = 2Fe (к) + 3CO2 (г) |
| 380 | 2PbS (к) + 3O2 (г) = 2PbO (к) + 2SO2 (г) |
| 381 | CaCO3 (к) = CaO (к) + CO2 (г) |
| 382 | Fe (к) + H2O (г) = FeO (к) + H2 (г) |
| 383 | 2CO2 (г) = 2CO (г) + O2 (г) |
| 384 | Fe2O3 (к) + CO (г) = 2FeO (к) + CO2 (г) |
| 385 | PbO (к) + CO (г) = Pb (к) + CO2 (г) |
| 386 | C2H4 (г) + H2O (г) = C2H6O (г) |
| 387 | FeO (к) + Mn (к) = MnO (к) + Fe (к) |
| 388 | 2FeO (к) + Si (к) = 2Fe (к) + SiO2 (к) |
| 389 | FeO (к) + C (к) = Fe(к) + CO (г) |
| 390 | 3Fe2O3 (к) + H2 (г) = 2Fe3O4 (к) + H2O (г) |
| 391 | GeO2 (к) + 2Cl2 (г) + 2C (к) = GeCl4 (г) + 2CO (г) |
| 392 | CH4 (г) + H2O (г) = CO (г) + 3H2 (г) |
| 393 | WO3 (г) + 3H2 (г) = W (к) + 3H2O (г) |
| 394 | 2MoO2 (к) + 6CO (г) = Mo2C (к) + 5CO2 (г) |

**В задачах (395-414)** вычислите, сколько теплоты выделится при полном сгорании указанного количества вещества при стандартных условиях. Учтите, что в продуктах сгорания углерод находится в виде углекислого газа, водород – водяного пара, сера – сернистого газа, азот выделяется в свободном состоянии.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Вещество | Количествовещества | № п/п | Вещество | Количествовещества |
| 395 | CH4 | 3 моль | 405 | C6H5NO2 | 2 моль |
| 396 | C2H4 | 20 л | 406 | C5H5N | 10 моль |
| 397 | C2H2 | 5 м3 | 407 | CH4N2O | 3 м3 |
| 398 | C2H6 | 20 моль | 408 | C10H8 | 50 дм3 |
| 399 | C3H8 | 5 дм3 | 409 | CH4O | 4 моль |
| 400 | H2S | 8 моль | 410 | C3H6O | 6 м3 |
| 401 | CS2 | 40 л | 411 | C4H10 | 9 моль |
| 402 | C3H6 | 7 моль | 412 | CH3COOH | 40 л |
| 403 | C4H8 | 6 м3 | 413 | C2H5OH | 5 моль |
| 404 | CH2O | 25 л | 414 | CH4O | 80 м3 |

**В задачах (415-427)** по заданным термохимическим уравнениям рассчитайте стандартную энтальпию реакции образования указанного вещества из простых веществ.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №п/п | Термохимические уравнения реакций r *H* o , кДж | Вещество |
| 415 | (I) 4As(т) + 3O2(г) = 2As2O3(  r *H* oI = -1328 (II) As2O3(т) + O2(г) = As2O5(т);  r *H* oII = -261  | As2O5 |
| 416 | (I) 2As(т) + 3F2(г) = 2AsF3(г);  r *H* oI = -1842 (II) AsF5(г) = AsF3(г) + F2(г);  r *H* oII = +317  | AsF5 |
| 417 | (I) 2С (т) + O2(г) = 2СO2(г);  r *H* oI = -220 (II) СO(г) + F2(г) = COF2(г);  r *H* oII = -525  | COF2 |
| 418 | (I) 2Сr(т) + 3F2(г) = 2СrF3(т);  r *H* oI = -2224 (II) 2СrF3(т) + Cr(т) = 2CrF2(т);  r *H* oII = -38  | CrF2 |
| 419 | (I) 2P(т) + 3Cl2(г) = 2PCl3(г);  r *H* oI = -574 (II) PCl5(г) = PCl3(г) + Cl2(г);  r *H* oII = +88  | PCl5 |
| 420 | (I) 2Pb(т) + O2(г) = 2PbO(т);  r *H* oI = - 438 (II) 2PbO2(т) = 2PbO(т) + O2(г);  r *H* oII = +116  | PbO2 |
| 421 | (I) Zr(т) + ZrCl4(г) = 2ZrCl2(г);  r *H* oI = +215 (II) Zr (т) +2Cl2(г) = ZrCl4(г);  r *H* oII = + 867 | ZrCl2 |
| 422 | (I) 2ClF5(г) = Cl2F6(г) + 2F2(г);  r *H* oI = +152 (II) Сl2(г) + 5F2(г) = 2ClF5(г);  r *H* oII = - 478  | Cl2F6 |
| 423 | (I) Ce(т) + O2(г) = CeO(т);  r *H* oI = - 1090 (II) 3CeO2(т) + Ce(т) = 2Ce2O3(т);  r *H* oII = - 332  | Ce2O3 |
| 424 | (I) CuCl2(т) + Cu(т) = 2CuCl(т);  r *H* oI = - 56 (II) Cu(т) + Cl2(т) = СuCl2(т);  r *H* oII = - 216  | CuCl |
| 425 | (I) HgBr2(т) + Hg(ж) = Hg2Br2(т);  r *H* oI = - 38 (II) HgBr2(т) = Hg(ж) + Br2(ж);  r *H* oII = + 169  | Hg2Br2 |
| 426 | (I) Ir(т) + 2S(г) = IrS2(т);  r *H* oI = - 144 (II) 2IrS2(т) = Ir2S3(т) + S(т);  r *H* oII = + 43  | Ir2S3 |
| 427 | (I) 2Fe(т) + O2(г) = 2FeO(т);  r *H* oI = - 532 (II) 4FeO(т) + O2(г) = 2Fe2O3(т);  r *H* oII = -584  | Fe2O3 |

**3.2. Второй закон термодинамики**

**В задачах (428-443)** определите энтропию 1 моль газа при давлении P и стандартной температуре. Укажите, увеличивается или уменьшается энтропия вещества при изменении давления от стандартного к заданному. Значения энтропии при стандартных условиях возьмите из приложения, примите, что данные вещества подчиняются законам идеального газа.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Газ | P10-5, Па | №п/п | Газ | P10-5, Па |
| 428 | H2 | 3,039 | 436 | C2H4 | 0,601 |
| 429 | H2O | 10,130 | 437 | N2 | 0,507 |
| 430 | He | 1,519 | 438 | O2 | 0,840 |
| 431 | CH4 | 8,100 | 439 | F2 | 1,722 |
| 432 | CO | 0.405 | 440 | Cl2 | 1,925 |
| 433 | NO | 1,823 | 441 | Ne | 3,039 |
| 434 | CO2 | 1,317 | 442 | Ar | 2,533 |
| 435 | C2H6 | 0,709 | 443 | Kr | 1,013 |

В задачах (444-461) рассчитайте энтропию 1 моль вещества в двухкомпонентном растворе при известной массовой доле *ω*, полагая, что раствор является идеальным.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Вещество | *ω*, % | Растворитель | № п/п | Вещество | *ω*, % | Растворитель |
| 444 | C  | 0,36 | Fe | 453 | Cu | 5,8 | Sn |
| 445 | Al | 13,5 | Cu | 454 | Mn | 1,3 | Cu |
| 446 | Sn | 4,5 | Cu | 455 | Co | 10,5 | W |
| 447 | Cr | 26 | Ni | 456 | Fe | 3,1 | Ni |
| 448 | Zn | 3,8 | Cu | 457 | Ni | 5,2 | Cu |
| 449 | Be | 2,7 | Cu | 458 | Sb | 15,7 | Pb |
| 450 | Si | 13,9 | Fe | 459 | Rh | 10,0 | Pt |
| 451 | Si | 17,5 | Al | 460 | Ir | 15,9 | Pt |
| 452 | Al | 1,8 | Ni | 461 | Ag | 12,5 | Au |

В задачах (462-480) рассчитайте энтропию каждого компонента в газовой смеси, подчиняющейся законам идеальных газов, и энтропию смеси.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №п/п | 1-й компонент | 2-й компонент | 3-й компонент |
| Символ | *n* 1, моль | Символ | *n* 2, моль | Символ | *n* 3, моль |
| 462 | H2 | 1,0 | N2 | 2,0 | Ar | 5,0 |
| 463 | He | 1,5 | H2 | 2,5 | N2 | 4,0 |
| 464 | N2 | 2,0 | Ne | 3,0 | Kr | 3,0 |
| 465 | Ar | 3,5 | He | 2,0 | H2 | 2,5 |
| 466 | Ne | 2,0 | N2 | 1,5 | O2 | 3,5 |
| 467 | O2 | 1,5 | Ne | 1,0 | Ar | 2,5 |
| 468 | H2 | 2,0 | N2 | 3,0 | Ar | 4,0 |
| 469 | O2 | 1,0 | F2 | 2,5 | N2 | 4,5 |
| 470 | He | 2,0 | Cl2 | 3,0 | Ne | 1,5 |
| 471 | Ne | 2,5 | H2 | 2,0 | O2 | 3,5 |
| 472 | N2 | 3,0 | Kr | 2,0 | Ne | 2,0 |
| 473 | O2 | 2,0 | He | 1,5 | F2 | 3,5 |
| 474 | H2 | 1,0 | Ne | 3,0 | N2 | 5,0 |
| 475 | Kr | 0,5 | F2 | 2,5 | He | 2,5 |
| 476 | Ar | 2,0 | H2 | 1,0 | Ne | 1,5 |
| 477 | N2 | 3,5 | F2 | 1,5 | Kr | 2,0 |
| 478 | Ne | 1,5 | He | 2,5 | H2 | 3,5 |
| 479 | O2 | 2,0 | N2 | 2,0 | Ar | 4,0 |
| 480 | H2 | 1,0 | N2 | 3,0 | He | 2,0 |

В задачах (481-505) рассчитайте стандартное изменение энергии Гиббса * r G T* 0 и константу равновесия *K*0 при заданной температуре *T*. Укажите, в каком направлении протекает реакция при данной температуре и направление смещения равновесия при увеличении температуры. При обосновании направления смещения равновесия используйте уравнение изобары химической реакции.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  №п/п | Уравнение реакции | *Т*, К |
| 481 | 2H2(г) + CO(г)  CH3OH(ж) | 390 |
| 482 | 4HCl(г) + O2(г)  2H2O(г) + 2Cl2(г) | 750 |
| 483 | 2N2(г) + 6H2O(г)  4NH3(г) + 3O2(г) | 1300 |
| 484 | 4NO(г) + 6H2O(г)  4NH3(г) + 5O2(г) | 1000 |
| 485 | 2NO2(г)  2NO(г) + O2(г) | 700 |
| 486 | N2O4(г)  2NO2(г) | 400 |
| 487 | S2(г) + 4H2O(г)  2SO2(г) + 4H2(г) | 1000 |
| 488 | S2(г) + 4CO2(г)  2SO2(г) + 4CO(г) | 900 |
| 489 | 2SO2(г) + O2(г)  2SO3(г) | 700 |
| 490 | CO2(г) + H2(г)  CO(г) + H2O(г) | 1200 |
| 491 | SO2(г) + Cl2(г)  SO2Cl2(г) | 400 |
| 492 | CO(г) + 3H2(г)  CH4(г) + H2O(г) | 1000 |
| 493 | 4CO(г) + SO2(г)  S2(г) + 4CO2(г) | 900 |
| 494 | C2H5OH(г)  C2H4(г) + H2O(г) | 400 |
| 495 | FeO(k) + CO(г)  Fe(k) + CO2(г) | 1000 |
| 496 | WO3(k) + 3H2(г)  W(k) + 2H2O(г) | 2000 |
| 497 | NH4Cl(k)  NH3 + HCl | 500 |
| 498 | Mg(OH)2(k)  MgO(k) + H2O(г) | 500 |
| 499 | H2O(г) + C(графит)  CO(г) + H2(г) | 1000 |
| 500 | PbO2(к) + C(графит)  Pb(к)+ CO2(г) | 1000 |
| 501 | MnO2(k) + 2H2  Mn(k) + 2H2O(г) | 1000 |
| 502 | 3Fe(к)+ 4H2O(г)  Fe3O4(к) + 4H2(г) | 1000 |
| 503 | C6H6(г) + 3H2(г)  C6H12(г) | 600 |
| 504 | NiOH2(k)  NiO(k) + H2O(г) | 500 |
| 505 | 2CrCl3(k)  2CrCl2(k) + Cl2(г) | 500 |

**В задачах (506-513)** для газофазной реакции *А + В = С +D* рассчитайте константу равновесия при температуре ***Т*** и равновесный состав системы при этой температуре, если известны *** r G*** 0 ***T***  и начальные концентрации исходных веществ *С* 0. Концентрация продуктов реакции в начальный момент равна нулю.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | ***Т***, К | *** r G*** 0 ***T***  , кДж/моль | *С* 0, моль/л | № п/п | ***Т***, К | *** r G*** 0 ***T***  , кДж/моль | *С* 0, моль/л |
|  А |  В |  | А | В |
| 506 | 400 | - 14,1 | 1 | 1 | 514 | 600 | - 1,6 | 1 | 1 |
| 507 | 800 | - 13,8 | 1 | 2 | 515 | 800 | - 3,6 | 1 | 1 |
| 508 | 400 | - 7,5 | 1 | 1 | 516 | 1000 | - 5,7 | 1 | 1 |
| 509 | 800 | - 6,7 | 1 | 2 | 517 | 400 | - 10,1 | 1 | 1 |
| 510 | 600 | - 6,0 | 1 | 1 | 518 | 600 | - 9,2 | 1 | 2 |
| 511 | 1000 | - 20,5 | 2 | 1 | 519 | 800 | - 8,5 | 2 | 2 |
| 512 | 600 | - 25,4 | 2 | 1 | 520 | 1000 | -18,5 | 3 | 1 |
| 513 | 800 | - 28,5 | 3 | 1 | 521 | 700 | - 4,6 | 2 | 1 |

**В задачах (522-536)**  для данной гомогенной реакции *А + В  С +D* определите температуру, при которой наступает равновесие. Температурной зависимостью *** r H*** 0 и *** r S*** 0 можно пренебречь. Рассчитайте равновесный состав системы при этой температуре, если известны начальные концентрации исходных веществ C0 (продукты реакции в начальный момент времени отсутствуют).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №п/п | Уравнение реакции | *С* 0, моль/л |
| *А* | *В* |
| 522 | CO (г) + Cl 2 (г) = COCl2 (г) | 1 | 1 |
| 523 | CO (г) + ½ O 2 (г) = CO 2 (г)  | 1 | 0,5 |
| 524 | NO (г) + ½ O 2 (г) = NO 2 (г) | 1 | 0,5 |
| 525 | CH 4 (г)  + CO 2 (г)  = 2 CO (г) + 2 H 2 (г) | 1 | 1 |
| 526 | CCl4 (г) + H2O (г) = COCl 2(г) +2 HCl (г)  | 1 | 1 |
| 527 | CO (г) + 2 H 2(г) = CH 3 OH (г)  | 0,5 | 1 |
| 528 | SO 2 (г) + Cl 2(г) = SO 2 Cl 2(г)  | 0,5 | 0,5 |
| 529 | C 2 H 2(г) + N 2(г) = 2 HCN(г) | 1 | 1 |
| 530 |  C 2 H 6(г)  = C 2 H 4 (г) + H 2(г) | 1 | - |
| 531 |  CO (г) + NO (г) = CO 2 (г) + ½ N 2 (г) | 0,5 | 0,5 |
| 532 |  CH 4(г) + CH3Cl(г) = C2 H6(г) + HCl(г) | 1 | 1 |
| 533 |  PCl 5(г) = PCl 3(г) + Cl 2(г)  | 0,5 | - |
| 534 | CO 2 (г) + H 2 (г) = HCOOH (г)  | 0,2 | 0,2 |
| 535 |  CF2Cl 2 (г) = C 2 F 4 (г) + 2 Cl 2 (г)  | 1 | - |
| 536 |  2 CH 4 (г) = C 2 H 2 (г) + H 2 (г) | 0,5 | - |

# **В задачах (537-556 ),** используя уравнение температурной зависимости константы равновесия, рассчитайте константу равновесия *К*р при стандартной температуре *Т*1 = 298К и при заданной температуре *Т*2. Укажите, в каком направлении смещается равновесие реакции при повышении температуры. Рассчитайте константу равновесия Кс при стандартной температуре.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  №п/п | Реакция | *T*2, K | *a* | *b* | *c* | *d* |
| 537 | 2H2 + CO  CH3OH | 800 | 3724 | -9,13 | 30,8·10-4 | 3,401 |
| 538 | 4HCl + O2  2H2O + 2Cl2 | 750 | 5750 | -2,13 | -8,57·10-4 | -4,710 |
| 539 | -NH4Cl(к)  NH3(г) + HCl(г) | 455 | -9650 | 1,83 | -32,4·10-4 | 28,239 |
| 540 | 2N2 + 6H2O  4NH3 + 3O2 | 1300 | -66250 | -1,75 | 0 | -10,206 |
| 541 | 4NO + 6H2O  4NH3  + 5O2  | 1000 | -47500 | -1,75 | 0 | -13,706 |
| 542 | 2NO2  2NO + O2 | 700 | -5749 | 1,75 | -5,0·10-4 | 7,899 |
| 543 | N2O4  2NO2 | 400 | -2692 | 1,75 | -4,8·10-4 | 1,944 |
| 544 | Mg(OH)2  MgO + O2 | 500 | -4600 | 0,623 | -10,0 ·10-4 | 17,776 |
| 545 | CaCO2  CaO + CO2 | 1000 | -9680 | -1,38 | -2,19 ·10-4 | 17,756 |
| 546 | Ca(OH)2  CaO +CO2 | 500 | -5650 | 0,67 | 4,14 ·10-4 | 9,616 |
| 547 | S2 + 4H2O  2SO2 + 4H2 | 1000 | -13800 | -0,88 | 26,7 ·10-4 | 8,386 |
| 548 | S2 + 4CO2  2SO2 + 4CO | 900 | -23000 | 4,34 | -16,2 ·10-4 | 2,576 |
| 549 | 2SO2 + O2  2SO3 | 700 | 10373 | 1,222 | 0 | -18,806 |
| 550 | SO2 + Cl2  SO2Cl2 | 400 | 2250 | -1,75 | 4,55 ·10-4 | -7,206 |
| 551 | CO + 3H2  CH4 + H2O | 1000 | 9874 | -7,14 | 18,8 ·10-4 | -1,371 |
| 552 | 4CO + 2SO2  S2 + 4CO2 | 900 | 23000 | -4,34 | 0 | -2,576 |
| 553 | COCl2  CO + Cl2 | 400 | 5020 | 1,75 | 0 | 3,748 |
| 554 | CO2 + H2  CO + H2O | 1200 | -2203 | 0 | -0,52 ·10-4 | 2,300 |
| 555 | CO2 + 4H2  CH4 + 2H2O | 1000 | 7674 | -6,23 | 9,06 ·10-4 | -1,291 |
| 556 | 2CO2  2CO +O2 | 700 | 29500 | 1,75 | -12,15 ·10-4 | 3,290 |

**В задачах (557-580)** определите, при какой температуре в системе устанавливается химическое равновесие, укажите, используя уравнение изобары химической реакции, в каком направлении протекает реакция при температуре, отличающейся от равновесной в большую или меньшую сторону

|  |  |
| --- | --- |
| № п/п | Уравнение реакции |
| 557 | CH4 (г) + CO2 (г)  CH3COOH (ж) |
| 558 | 2H2 (г) + CO2 (г)HCOH (ж) + H2O (ж) |
| 559 | CO2 (г) + H2 (г)  HCOOH (ж) |
| 560 | 2SO2 (г) + O2 (г)  2SO3 (г) |
| 561 | CO (г) + 2H2 (г)  CH3OH (г) |
| 562 | Ca(OH)2 (к)  CaO (к) + H2O (г) |
| 563 | CaCO3 (к)  CaO (к) + CO2 (г) |
| 564 | NH4Cl (к)  NH3 (г) + HCl (г) |
| 565 | H2 (г) + Cl2 (г)  2HCl (г) |
| 566 | O2 (г)  2O (г) |
| 567 | CO2 (г) + H2 (г)  CO (г) +H2O (г) |
| 568 | 2CO (г) + O2 (г)  2CO2 (г) |
| 569 | 2H2 (г) + O2 (г)  2H2O (г) |
| 570 | N2 ( г)  2N (г) |
| 571 | 2NO (г)  N2 (г) + O2 (г) |
| 572 | CH4 (г) + H2O (г)  CO (г) + 3H2 (г) |
| 573 | CH4 (г) + CO2 (г)  2CO (г) + 2H2 (г) |
| 574 | 2CH4 (г)  C2H2 (г) + 3H2 (г) |
| 575 | F2 (г)  2F(г) |
| 576 | Cl2 (г)  2Cl (г) |
| 577 | HCl (г)  H (г) + Cl (г) |
| 578 | HF (г)  H (г) + F (г) |
| 579 | 2HCl (г) + F2 (г)  2HF (г) + Cl2 (г) |
| 580 | C2H6 (г)  C2H2 (г) + 2H2 (г) |

**Раздел 4. Химическая кинетика**

**В задачах (581-595)** для данной химической реакции при заданных температуре *Т*, порядке реакции *n,*  начальных концентрациях реагентов *С* 0, времени полупревращения ** ½  определите время, за которое прореагирует указанная доля исходного вещества **.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Реакция | *n* | *T,* K | ** ½, | С 0, моль/л | *,* % |
| 581 | SO 2 Cl 2  SO 2 + Cl 2 | 1 | 593 | 577,6 мин. | 0,6 | 60 |
| 582 | А  B + D | 1 | 600 | 462 мин. | 0,4 | 70 |
| 583 | A  B + D | 1 | 323 | 10 мин. | 0,2 | 90 |
| 584 | 2 NH 3  N 2 + 3 H 2 | 0 | 1129 | 17,25 ч | 0,2 | 30 |
| 585 | C 2 H 6  C 2 H 4 + H 2 | 1 | 856 | 23,9 мин. | 0,4 | 95 |
| 586 | 2 А  B + D | 2 | 298 | 179,2 мин. | 0,1 | 40 |
| 587 | RBr + OH -  ROH + Br - | 2 | 293 | 78,25 мин. | 0,1 | 60 |
| 588 | A + B  D | 2 | 293 | 25,4 мин. | 0,2 | 70 |
| 589 | C 2 H 6  C 2 H 4 + H 2 | 1 | 823 | 462 мин. | 0,3 | 90 |
| 590 | 2 HI  H 2 + I 2 | 2 | 700 | 137,74 мин. | 0,1 | 65 |
| 591 | H 2 O 2  H 2 O + ½ O 2 | 1 | 293 | 13,6 мин. | 0,3 | 99 |
| 592 | C 2 H 5 Cl  C 2 H 4 + HCl | 1 | 873 | 8,7 мин. | 0,5 | 96 |
| 593 | HCOOH CO 2 + H 2 | 1 | 413 | 21 мин. | 0,2 | 90 |
| 594 | HBr + O 2  HO 2  + Br | 2 | 700 | 2 c | 0,1 | 99 |
| 595 | 2 HI  H 2 + I 2 | 2 | 680 | 175,4 мин. | 0,2 | 60 |

**В задачах (596-610)** для реакции *n-*го порядка рассчитайте концентрацию исходных веществ *С* 2 через некоторое время *t* 2 от начала реакции, если известно, что при начальных концентрациях реагентов *С*0  при некоторой температуре за время *t* 1 концентрация исходного вещества стала *С* 1.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Реакция |  *n* | С 0 ,моль /л | *t* 1 , мин. | *С* 1 ,Моль /л | *t* 2, мин. |
| 596 | 2 А B + D | 2 | 0,1 | 76,8 | 0,06 | 100 |
| 597 | А B + D | 1 | 0,2 | 5 | 0,14 | 10 |
| 598 | 2 NH 3  N2 + 3 H 2 | 0 | 0,1 | 300 | 0,071 | 500 |
| 599 | А + B  D + F | 2 | 0,5 | 120 | 0,215 | 180 |
| 600 | H2O2  H2O + ½ O2 | 1 | 0,4 | 13,6 | 0,2 | 80 |
| 601 | А  B | 1 | 0,1 | 10 | 0,01 | 30 |
| 602 | HCOOH CO 2 + H 2 | 1 | 0,2 | 1,25 | 0,1 | 3 |
| 603 | C 2 H 5 Cl  C 2 H 4 + HCl | 1 | 0,4 | 15 | 0,2 | 30 |
| 604 | 2 HI  H 2 + I 2 | 2 | 0,2 | 50 | 0,12 | 100 |
| 605 | SO 2 Cl 2  SO 2 + Cl 2 | 1 | 0,4 | 200 | 0,3 | 600 |
| 606 | C 2 H 6  C 2 H 4 + H 2 | 1 | 0,5 | 50 | 0,4 | 150 |
| 607 | А B + D | 1 | 0,2 | 300 | 0,08 | 600 |
| 608 | А + B  D + F | 2 | 0,5 | 140 | 0,2 | 250 |
| 609 | 2 NO 2  2NO + O 2 | 2 | 0,4 | 200 | 0,15 | 400 |
| 610 | 2 NOBr  2 NO + Br 2 | 2 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,5 |

**В задачах (611-630)** по известным экспериментальным данным, приведенным в таблице (*n*  порядок реакции; *Ea*  энергия активации; *k0*  предэкспоненциальный множитель в уравнении Аррениуса *kT = k0 exp(- Ea/RT); Т1* и *Т2*  начальная и конечная температура; *С*  исходная концентрация вещества), рассчитайте константы скорости реакции при температуре *Т1* и *Т2* иопределите скорость реакции в некоторый момент времени, когда прореагировало некоторая доля исходного вещества **.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Реакция | *n* | *C*,моль /л | *Ea*,кДж/моль | *k0* | *T1*,К | *T2,*К | *,**%* |
| 611 | C2H5Cl  C2H4 + HCl | 1 | 2 | 247,5 | 4104 | 400 | 500 | 50 |
| 612 | HI + CH3I  CH4 + I2 | 2 | 2 | 140 | 21014 | 400 | 700 | 60 |
| 613 | 2NO + Br2  2NOBr | 3 | 1 | 5,44 | 2,71010 | 300 | 350 | 70 |
| 614 | N2O4  2NO2 | 1 | 2 | 54,4 | 1016 | 400 | 500 | 40 |
| 615 | 2NO2  2NO + O2 | 2 | 1 | 113 | 91012 | 200 | 300 | 60 |
| 616 | C6H5ONa+C3H7IC6H5OC3H7 + NaI | 2 | 2 | 93,6 | 3,51011 | 300 | 500 | 50 |
| 617 | 2N2O5  2N2O4 + O2 | 1 | 2 | 103,5 | 4,61013 | 300 | 500 | 70 |
| 618 | H2 + C2H4  C2H6 | 2 | 1 | 180,5 | 41013 | 300 | 600 | 50 |
| 619 | H2 + I2  2HI | 2 | 1 | 165,5 | 1,61014 | 400 | 600 | 60 |
| 620 | 2HI  H2 + I2 | 2 | 1 | 186,4 | 9,21013 | 500 | 300 | 80 |
| 621 | C2H5Br  C2H4 + HBr | 1 | 2 | 218 | 7,21012 | 300 | 400 | 40 |
| 622 | H2 + ICl HI + HCl | 2 | 1 | 41,8 | 1,61015 | 500 | 650 | 70 |
| 623 | 2NO + Cl2  2NOCl | 3 | 1 | 15,5 | 4,6109 | 300 | 400 | 40 |
| 624 | CO2 + OH  HCO3 | 2 | 1 | 38,2 | 1,51013 | 300 | 350 | 60 |
| 625 | C2H5ONa + CH3I   C2H5OCH3 + NaI | 2 | 1 | 81,5 | 2,41011 | 300 | 450 | 50 |
| 626 | 2O3  3O2 | 2 | 1 | 117,9 | 6,31018 | 300 | 500 | 70 |
| 627 | C2H4+ H2  C2H6 | 2 | 2 | 180 | 41013 | 150 | 200 | 50 |
| 628 | HI + C2H5I  C2H6 + I2 | 2 | 2 | 124 | 51013 | 250 | 400 | 30 |
| 629 | NO + Br2  NOBr + Br | 2 | 2 | 95 | 41012 | 200 | 350 | 70 |
| 630 | C2H5Cl  C2H4 + HCl | 1 | 2 | 248 | 4104 | 300 | 500 | 80 |

**В задачах ( 631 – 640)** определите скорость газофазной реакции по каждому компоненту, если известна скорость образования *r* какого-либо продукта.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Реакция | Продукт | *r* ,моль/л.с | №п/п | Реакция | Продукт | *r* ,моль/л.с |
| 631 | 2А  2В+С | В | 6,6  10-4 | 636 | 2 А В | В | 2,4  10-3 |
| 632 | А + В  С | С | 4,4  10-6 | 637 | 3 А В + С | С | 8,0  10-1 |
| 633 | А  2В | В | 2,6  10-2 | 638 | 2 А + В С | С | 1,2  10-5 |
| 634 | 3А 2В + С | С | 1,8 | 639 | А + В 2 С | С | 4,0 |
| 635 | А В | В | 20 | 640 | А + В С + D | D | 3,1  10-2 |

**В задачах (641 – 650)** для данной химической реакции рассчитайте скорость реакции *r*2 при указанной концентрации *С*2 одного из компонентов, если известны начальные концентрации реагентов *С*0 и скорость реакции *r*1 при известной концентрации одного из компонентов *С*1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Реакция | *С*0, моль/л | *r*1, моль/(лс);*С* 1, моль/л | *С*2 , моль/л |
| 641 | А + В  D | *С*0,А *=* 5,0*С*0, В = 7,0 | *r*1 =2,010-3*С*1, А = 2,0 | *С*2,D = 3,0 |
| 642 | 2А 2В + D | *С*0,А = 2,0 | *r*1 =1,810-4*С*1,D = 0,5 | *С*2,А = 1,0 |
| 643 | А В + D | *С*0,А = 10,0 | *r*1 =2,110-6*С*1,В = 4,0 | *С*2,D = 2,0 |
| 644 | 3А 2В + D | *С*0,А = 4,0 | *r*1 =4,2*С*1,В = 1,0 | *С*2,D = 1,0 |
| 645 | А + 2 В  D | *С*0,А= 6,0*С*0, В = 18,0 | *r*1 =1,410-8*С*1,В =1,0 | *С*2,B = 12,0 |
| 646 | 2А + В  D | *С*0,А = 0,8*С*0, В = 0,6 | *r*1 =6,810-3*С*1,А = 0,6 | *С*2,B = 0,4 |
| 647 | 2А + В  D | *С*0,А = 1,6*С*0, В = 1,6 | *r*1 =4,110-2*С*1 ,В = 1,6 | *С*2,D = 1,2 |
| 648 | 2 А В | *С*0,А = 4,2 | *r*1 =2,0*С*1,В =1,8 | *С*2,А = 3,0 |
| 649 | 2А  2В+D | *С*0,А = 3,5 | *r*1 =4,110-1*С*1, D = 1,0 | *С*2, А = 2,1 |
| 650 | А  В | *С*0,А= 110-2 | *r*1 =6,310-2*С*1, В = 510-3 | *С*2, А=2,110-3 |

**В задачах ( 651 –660)** определите, во сколько раз увеличилась константа скорости второй реакции при нагревании от *Т*1 до *Т*2 , если дано соотношение энергий активации первой и второй реакций ( *Е*1/*Е*2) и известно, что при нагревании от *Т*1 до *Т2* К константа скорости первой реакции увеличилась в *а* раз.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | *Е*1/*Е*2 | *а* | *Т*1*,* К | *Т*2, К | №п/п | *Е*1*/Е* 2 | *а* | *Т*1, К | *Т*2, К |
| 651 | 2,0 | 10,0 | 300 | 400 | 656 | 6,5 | 6,5 | 150 | 250 |
| 652 | 0,5 | 5,0 | 300 | 400 | 657 | 0.3 | 2,5 | 250 | 350 |
| 653 | 3,0 | 6,0 | 400 | 500 | 658 | 5.1 | 4,0 | 450 | 550 |
| 654 | 4,5 | 12,0 | 400 | 500 | 659 | 0.2 | 3,5 | 300 | 400 |
| 655 | 0,1 | 3,5 | 100 | 200 | 660 | 3.5 | 6,0 | 200 | 300 |

**В задачах (661 – 670)** рассчитайте для реакции второго порядка А + В  D при известных начальных концентрациях реагентов *С*0 константу скорости реакции и время полупревращения ****** ½  обоих веществ, если известно ,что через некоторое время *t* концентрация вещества А уменьшилась до значения *С*А.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | *С*0  ,моль/л | *t*, мин. | *СА,*моль/л | №п/п  | *С*0 ,моль/л | *t,* мин. | *СА ,*моль/л |
| А | В | А | В |
| 661 | 0,06 | 0,08 | 60 | 0,03 | 666 | 2,0 | 3,0 | 10 | 1,5 |
| 662 | 0,1 | 0,1 | 50 | 0,02 | 667 | 0,04 | 0,03 | 15 | 0,035 |
| 663 | 1,2 | 0,7 | 30 | 0,9 | 668 | 0,3 | 0,5 | 40 | 0,15 |
| 664 | 0,4 | 0,6 | 100 | 0,1 | 669 | 2,5 | 1,1 | 35 | 1,1 |
| 665 | 1,5 | 2 | 70 | 0,9 | 670 | 1,1 | 1,5 | 20 | 0,6 |

 **Примеры решения задач**

**Раздел «Строение вещества (атом, молекула, кристалл)**

**Пример 1.**

 Используя метод молекулярных орбиталей, объясните различные значения энергии и длины связи в частицах F2 и F2+

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Частица | *Е* св, кДж/моль | *d* св109, м |
| F2 | 159 | 141 |
| F2+ | 323 | 133 |

*Решение*

Процесс образования частицы F2 можно представить записью:

 F [1s22s22p5] + F [1s22s22p5] →

 F2 [σ(1s)2 σ\*(1s)2 σ(2s)2 σ\*(2s)2 σ(2px)2π(2py)2π(2pz)2 π \*(2py)2 π \*(2pz)2].

Перекрывание 1s- атомных орбиталей приводит к заполнению σ(1s) - связывающей и σ\*(1s)- разрыхляющей молекулярных орбиталей двумя электронами с антипараллельными спинами и не изменяет энергию связывающихся атомов и в дальнейшем может не учитываться. В молекуле F2 имеется избыток двух связывающих электронов, что соответствует одинарной связи или порядку связи *n*, равному единице, который для двухатомной частицы рассчитывается по формуле: = =1, где *N* – количество связывающих электронов, *N\**- количество разрыхляющих электронов.

 Все электроны в молекуле F2 спарены (спины электронов на отдельных молекулярных орбиталях параллельны) и частица не обладает магнитными свойствами (диамагнитна).

На рис.1 представлена энергетическая диаграмма образования молекулы F2.

Процесс образования частицы F2+ можно представить записью:

 F [К2s22p5] + F+ [К2s22p4] →

 F2+ [ККσ(2s)2 σ\*(2s)2 σ(2px)2π(2py)2π(2pz)2 π \*(2py)2 π \*(2pz)1].

 В молекулярном ионе F2+ имеется избыток трех связывающих электронов, что соответствует полуторной связи или порядку связи, равному 1,5.

Увеличение количества связывающих электронов приводит к упрочнению связи и уменьшению межъядерного расстояния (длины связи). В молекулярном ионе F2+ имеется один неспаренный электрон и частица обладает магнитными свойствами (парамагнитна).

На рис.2 представлена энергетическая диаграмма образования молекулы F2+.

Рис.1 Энергетическая диаграмма молекулы F2

 Атомные орбитали Молекулярные орбитали Атомные орбитали



Рис.2 Энергетическая диаграмма молекулярного иона F2+

 Атомные орбитали Молекулярные орбитали Атомные орбитали

**Пример 2.**

Известно, что молекулярный ион [BrF4]+ имеет форму искаженного тетраэдра. Объясните, используя метод валентных связей, как образуется эта частица, полярна ли она?

*Решение.* Электронное строение атомов:

Br 1s22s22p63s23p63d104s24p5,

 Br+ 4s24p4;

 2p   \_

F 1s22s22p5 или 2s 

Схема образования гибридных орбиталей брома:

 4d \_\_ \_\_ \_\_ \_\_ \_\_ 4d \_ \_\_ \_\_ \_\_ \_\_

 4p   \_  4p \_ \_ \_   \_ \_ \_ \_

Br+ 4s  (Br+)\* 4s 

 промотирование гибридизация sp3d

 (5 орбиталей)

 (тригональная бипирамида)

При образовании четырех равноценных связей Br+ с атомами F по обменному механизму неподеленная электронная пара Br+ оказывается несвязывающей, что приводит к искажению пространственного расположения атомов и частица [BrF4]+ приобретает форму искаженного тетраэдра, в котором каждая связь полярна и векторная сумма электрических моментов связей (дипольных моментов) не равна нулю, т.е. частица [BrF4]+ является полярной (рис.3).

Рис.3. Схема образования связей в частице [BrF4]+

 F

##  F Неподеленная пара

 Br электронов

 F

 F

**Пример 3.**

Определите, к какому структурному типу кристаллической решетки кубической системы ( тип СsС1, NaCl или ZnS) относится оксид бария BaO, если известны радиусы ионов и плотность вещества: *R*кат =1,36·10-10м, *R* анион  =1,40·10-10м,

ρ = 6,022 г/см3, укажите координационное число ионов.

*Решение.* Перечисленные структурные типы отличаются числом формульных единиц в элементарной кубической ячейке (соответственно 1, 4, 4) и соотношением параметра элементарной ячейки (ребра куба) *а* и межионного расстояния (кратчайшего расстояния) *d.*

По исходным данным можно определить межионное расстояние *d* и затем рассчитать параметр элементарной ячейки *а* для всех трех вариантов. По вычисленному параметру элементарной ячейки рассчитываем плотность вещества и сравниваем с приведенным в условии задачи значением. Определяем структурный тип по совпадению рассчитанного и заданного значения плотности.

Определим межионное расстояние *d* = *R*кат + *R* анион  =1,36 + 1,40 = 2,76·10-10м.

Рассчитаем параметр элементарной ячейки *а*:

для структурного типа CsCl (объемноцентрированный куб) -

 *а* = 2*d*/3 = 2·2,76/1,732 = 3,187·10-10м;

для структурного типа NaCl (примитивный куб) -

 *а* = 2*d* = 2·2,76 = 5,52·10-10м;

для структурного типа ZnS (алмазоподобная решетка) -

 *а*=4*d*/3= 4·2,76/1,732 = 6,374·10-10м.

 Рассчитываем плотность вещества по формуле * = m/V = (ZM)/(NA a3)*, где *Z* – число формульных единиц, *M* – молярная масса вещества, *N*A – число Авогадро, *a*3 – объем кубической элементарной ячейки:

 для структурного типа CsCl -

** = 1·0,15334кг/моль / [6,02·1023моль-1· (3,187·10-10м )3] = 7864 кг/м3=7,864 г/см3;

 для структурного типа NaCl -

** = 4·0,15334кг/моль / [6,02·1023моль-1· (5,52·10-10м )3] = 6053 кг/м3 = 6,053 г/см3;

 для структурного типа ZnS -

* =* 4·0,15334кг/моль / [6,02·1023моль-1· (6,374·10-10м )3] =2369 кг/м3 =2,369 г/см3.

 Рассчитанное значение плотности совпадает с заданным только в случае структурного типа NaCl, для которого координационные числа катиона и аниона равны 6.

##### Раздел «Окислительно-восстановительные реакции»

 Одним из методов подбора коэффициентов к окислительно-восстановительной реакции (ОВР) является метод ионно-электронных уравнений (метод полуреакций), в котором уравнения процессов восстановления и окисления, т.е. отдельные полуреакции, записывают с учетом реально существующих в растворе частиц (ионов сильных электролитов, молекул слабых электролитов, газов или труднорастворимых соединений с указанием среды: нейтральной H2O, кислотной H+, щелочной OH-).

 В водных растворах связывание или присоединение избыточных атомов кислорода окислителем и восстановителем происходит по-разному в разных средах.

В кислой среде избыток кислорода у окислителя в левой части полуреакции связывается ионами водорода с образованием молекулы воды в правой части, в нейтральной и щелочной средах избыток кислорода связывается молекулами воды с образованием гидроксид- иона по уравнениям:

 *Ox* + *a* H+ +*ze*  *Red* + *b* H2O, (кислая среда),

 *Ox* + *c* H2O+*ze*  *Red +* *d* OH-, (нейтральная или щелочная среда),

где *Ox* – окислитель (например, MnO4-) , *Red* – восстановленная форма окислителя (например, Mn2+), *ze* – количество электронов, принятое окислителем, *a, b, c, d* – стехиометрические коэффициенты.

Присоединение избыточного кислорода восстановителем в кислой и нейтральной среде осуществляется молекулами воды с образованием ионов водорода, в щелочной среде – гидроксид-ионами с образованием молекул воды по уравнениям:

 *Red + a* H2O * Ox + b*H*+ + ze,* (кислая или нейтральная среда)

 *Red + c* OH- * Ox + d* H2O *+ ze*, ( щелочная среда).

**Пример 1.** Подберите коэффициенты к ОВР, используя метод ионно-электронных уравнений (метод полуреакций):

 KMnO4 + SO2 + KOH  K2MnO4 + K2SO4 + H2O.

1. Расставив степени окисления атомов, находим окислитель и восстановитель в левой части уравнения

 +7 +4 +6 +6

 KMnO4 + SO2 + KOH  K2MnO4 + K2SO4 + H2O

 окислитель восстановитель

 (*Ox* ) (*Red* )

2. Записываем уравнения процессов окисления и восстановления, составляя для каждой полуреакции ионно-электронный и материальный баланс (количество одинаковых атомов и сумма зарядов в левой и правой частях полуреакции должно быть равным ):

 MnO-4 + *e*  MnO42- , (процесс восстановления)

 SO2 + 4 OH-  SO42- + 2 H2O + 2*e* , (процесс окисления).

В полуреакции окисления молекула SO2 присоединяет два атома кислорода, которые в щелочной среде могут образовывать молекулы воды или OH—ионы.

1. Исходя из электронейтральности веществ в растворе, находим дополнительные множители к наименьшему общему кратному количества участвующих в реакции электронов и суммируем уравнения процессов окисления и восстановления:

 MnO-4 + *e*  MnO42- 2

SO2 + 4 OH- -2*e*  SO42- + 2 H2O 1

 2 MnO-4 + SO2 + 4 OH-  2 MnO42- + SO42- + 2 H2O

или в молекулярной форме

 2 KMnO4 + SO2 + 4 KOH  2 K2MnO4 + K2SO4 + 2H2O.

1. Проводим проверку подобранных коэффициентов по материальному балансу атомов элементов в левой и правой частях уравнения.

##### Раздел «Химическая термодинамика»

Пример1.

Определите стандартный тепловой эффект реакции

 NH3(г) + HCl(г) = NH4Cl(к)  при: а) изобарном ее проведении - *∆r H 0298*;

 б) изохорном ее проведении - *∆r U 0298* .

*Решение.* Стандартный тепловой эффект реакции изобарного процесса в соответствии с законом Гесса определяется по уравнению:

 *∆ r H 0298 = ∆ f H 0298(NH4Cl) ∆ f H 0298 (NH3)*  *∆ f H 0298* *(HCl)*, где *∆ f H 0298* –

стандартная энтальпия образования компонента, приведенная в приложении 1*.*

Подставим данные и получим:

 *∆ r H 0298* = (-315,39) – (-46,19) – (-92,30) = - 176,90 кДж; реакция экзотермическая, т.к. *∆ r H 0298*  0.

Стандартный тепловой эффект изохорного процесса *∆ r U0298* можно вычислить через стандартный тепловой эффект изобарного процесса по уравнению:

 *∆ r U 0298* = *∆ r H 0298* – *∆*·*RT*, где *∆* - изменение количества моль газов в реакции. Для данной реакции *∆* = - *n(NH3)- n(HCl)*= -1 –1 = -2. Подставим данные и получим:

 *∆ r U 0298* = - 176,90.103 – (-2).8,314.298 = - 171944,86 Дж  -172 кДж

Пример 2.

 Рассчитайте значение стандартной энтальпии реакции образования хлорида сурьмы (III) из простых веществ по следующим термохимическим уравнениям:

 1. Sb(к) + 5/2 Cl2 (г) = SbCl5 (ж)  *ΔH*0 *298,* 1 = - 440 кДж

 2. SbCl3 (к) + Cl2 (г) = SbCl5 (ж) *ΔH*0 *298,* 2 = - 57 кДж

*Решение.* Уравнение образования SbCl3 из простых веществ:

 Sb(к) + 3/2 Cl2 (г) = SbCl3 (к) (3)

можно получить, если из уравнения (1) вычесть уравнение (2)

 Sb(к) + 5/2 Cl2 (г) SbCl3 (к)  Cl2 (г) = SbCl5 (ж)  SbCl5 (ж)

 или Sb(к) + 3/2 Cl2 (г) = SbCl3 (к) ,

откуда следует, что *ΔH*3 *= ΔH1 ΔH*2= (- 440)  ( - 57) = - 383 кДж или стандартная энтальпия образования 1 моль хлорида сурьмы (III) равна

*ΔH 0298*= - 383 кДж/моль

Пример 3.

 Рассчитайте энтропию 1моль кремния в растворе меди, в котором его массовая доля * с*оставляет 1,2%, полагая, что раствор является идеальным

*Решение.* Энтропия 1 моль i–ого компонента в растворе определяется по уравнению*: S*i *= S*i0 *– Rln x*i (1), где  *Si* - энтропия компонента в смеси,  *Si0* - энтропия чистого компонента, *xi* – молярная доля компонента, равная для двухкомпонентного раствора отношению количества моль растворенного вещества *n1* к сумме количества моль растворенного вещества *n1* и растворителя *n2*:

*xi* = (2). По условию *n1* =1, а *n2*определим из массовой доли **, равной

** = (3), где *m1* и *m2* – масса растворенного вещества и растворителя, а *M1* и *M2* – их молекулярные массы. Из уравнения (3) выразим *n2*: *n2*=  (4) и,подставив в уравнение (2), получим выражение для молярной доли *x1*:

*xi*= (5).

Подставим в уравнение (5) данные и найдем численное значение *x1*

 *x1* = =0,0267.

 Энтропия 1 моль кремния равна *S* *0*=18,33 Дж/(моль.К), в растворе энтропия 1 моль кремния станет равной S=18,33-8,314· ln 0,0267=48,45 Дж/(моль.К).

Пример 4.

 Для гетерогенной реакции NH3 (г) + HCl (г) = NH4Cl(к)

рассчитайте стандартное изменение энергии Гиббса ** r*G*T 0 и константу равновесия K0 при температуре T=700K. Укажите, в каком направлении протекает реакция при данной температуре и направление смещения равновесия при увеличении температуры. При обосновании направления смещения равновесия используйте

уравнение изобары химической реакции.

*Решение.* Стандартное изменение энергии Гиббса ** r*G*T 0 может быть вычислено по уравнению:  r*G*T0 = *∆* r*H*0298 *- T*∆ r*S*0298(1), где *∆*r*H*0298  - изменение энтальпии реакции (тепловой эффект реакции) при стандартных условиях, *∆*r *S*0298 – изменение энтропии реакции при стандартных условиях.

Расчет *∆*r*H*0298  для данной реакции приведен в примере 2, согласно которому

*∆*r*H*0298 = - 176,9 кДж.

*∆*r*S*0298 рассчитаем по уравнению: *∆*r*S*0298 *=S0(NH4Cl) – S0(NH3)- S0(HCl)*.

Подставляя термодинамические данные из Приложения 1, получим

*∆*r*S*0298 = 94,56 - 192,5 – 186,7 = - 284,64 Дж/К.

Стандартное изменение энергии Гиббса r *G*Т0 при T=700K равно:

*rG*Т0 = - 176,9 – 700.(- 284,64).10-3 = - 92,1 кДж. Так как *rG*Т0  0, то реакция самопроизвольно протекает в прямом направлении.

Для расчета константы равновесия используем уравнение: * rG*Т0 = *- RTlnK0* (2), откуда *K0 = exp* *(* -*)* = *exp* *(-* *)* = *exp(15,82)* и K0 =7,46.106.

 Так как константа равновесия K0 1, реакция при T=700K протекает в прямом направлении практически необратимо.

Для обоснования направления смещения равновесия при изменении температуры используем уравнение изобары химической реакции:  (3). Так как рассматриваемая реакция является экзотермической ( *∆rH0298*  0 ), то правая часть уравнения   0 и с увеличением температуры Т, которая всегда положительна, уменьшается, откуда следует, что и производная , приобретшая отрицательное значение, с увеличением температуры Т уменьшается, а значит, уменьшается величина константы равновесия К0. Уменьшение константы равновесия означает смещение равновесия реакции влево в сторону образования продуктов реакции, т.к. константа равновесия представляет собой отношение произведения равновесных парциальных давлений продуктов реакции к произведению равновесных парциальных давлений исходных веществ:  (4). Для данной реакции  (парциальное давление твердого вещества NH4Cl(к) незначительно, от давления мало зависит и может быть внесено в константу равновесия) и ее уменьшение означает увеличение знаменателя, т.е. смещение равновесия влево в сторону исходных веществ.

**Пример 5.**

 Для газофазной реакции А + В = D + F рассчитайте константу равновесия при температуре *Т* = 700 К и равновесные концентрации веществ в системе, если известно, что стандартное изменение энергии Гиббса реакции при этой температуре равно  r *G* 0 = - 8 кДж и начальные концентрации равны:

*С* 0,А = 2 моль/л, *С* 0,В = 3 моль/л. Концентрации веществ D и F в начальный момент равны нулю. 

*Решение.* Стандартная константа равновесия *K* 0 связана со стандартной энергией Гиббса реакции по уравнению:  r *G* 0 = - *RT* ln *K* 0 .

Отсюда находим логарифм стандартной константы равновесия:



Следовательно, *K* 0 = e 1,375 = 3,96.

Стандартная константа равновесия выражается через относительные равновесные парциальные давления участников реакции, возведенных в степени, равные стехиометрическим коэффициентам. В данном случае:

 где - относительное равновесное парциальное давление *i* – го компонента, *P i* - его равновесное парциальное давление,

 *P* 0 – стандартное давление. Так как нам надо рассчитать равновесные концентрации, то расчет необходимо вести через константу равновесия *K C*, выраженную через равновесные концентрации участников реакции. В данном случае она равна: где квадратными скобками обозначены равновесные концентрации соответствующих веществ. Константы равновесия *K* 0 и *K C* связаны между собой следующим соотношением: 

где  - изменение числа молей газообразных участников реакции. Для данной реакции  =*n*D + *n*F – *n*A- nB= 1 + 1 – 1 – 1 = 0. Следовательно, константы равновесия равны *K* 0 = *K C* .

Теперь проведем расчет равновесных концентраций участников реакции. Предположим, что к моменту равновесия прореагировало ***x*** моль /л вещества А, тогда из уравнения реакции следует, что в реакцию вступило ***x*** моль /л вещества В и образовалось ***x*** моль /л вещества D и ***x*** моль /л вещества F. Выражаем через ***x*** равновесные концентрации веществ:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вещество | Начальная концентрация, моль/л | Равновесная концентрация,моль/л |
| A | 2 | 2 - ***x*** |
| B | 3 | 3 - ***x*** |
| D | 0 | ***x*** |
| F | 0 | ***x*** |

Подставим равновесные концентрации в выражение для константы равновесия

 *K C* и получим: 

Решаем это уравнение относительно ***x***. Оно преобразуется к следующему квадратному уравнению: 2,96 ***x*** 2 – 19,80 ***x*** + 23,76 = 0.

По известным формулам для квадратного уравнения находим, что это уравнение имеет два корня: ***x*** 1 = 5,12 и ***x*** 2 = 1, 57. Корень  ***x*** 1 не удовлетворяет условию задачи, так как начальные количества исходных веществ меньше. Условию задачи удовлетворяет корень ***x*** 2 = 1, 57. Следовательно, равновесные концентрации веществ равны: [A] = 2 – 1,57 = 0,43 моль/л; [B] = 3 – 1,57 = 1,43 моль/л;

[D] = [F] = 1, 57 моль/л.

**Раздел «Химическая кинетика»**

**Пример 1.** Определите время, за которое прореагирует 90 % вещества А, разлагающегося по реакции первого порядка: A  B + D, если известно, что время полупревращения составляет *t* ½ = 40 мин.

*Решение.* Текущая концентрация исходного вещества для реакции 1 – го порядка определяется уравнением: *C = C0 exp (-kt)* (1)

### Количество распавшегося вещества А к моменту времени *t* равно *x = C0 - C*

Подставим в уравнение (1) *С = С 0 -* *x* и получим

Доля распавшегося вещества  равна

Из этого уравнения выразим экспоненту: 

Логарифмируем это выражение и находим время:



Константу скорости реакции находим из уравнения для периода полупревращения реакции первого порядка: 

Подставляем выражение для *k* в уравнение для времени *t* и получаем окончательное уравнение:  Проводим вычисления:



**Пример 2*.*** Для элементарной реакции A + B = D + F при начальных концентрациях реагентов *С* А 0 = *С* В 0 = 0,6 моль/л через 20 мин. после начала реакции концентрация вещества А уменьшилась до значения *С* А 1 = 0,4 моль/л. Определите концентрацию вещества А через 60 мин. после начала реакции.

*Решение.* Поскольку данная реакция элементарная, то это реакция второго порядка. При равных начальных концентрациях реагентов для реакции второго порядка решение дифференциального уравнения



приводит к следующему результату:

Выразим из этого уравнения константу скорости и текущую концентрацию

  

Вычислим константу скорости по заданным условиям:

 

Далее вычисляем концентрацию вещества А через 60 мин. после начала реакции: 

**Пример 3.** Скорость образования NО в реакции: NOBr(г)  NO(г) +1/2 Br2 (г)

 равна 1,610 -4 моль/(лс). Определите скорость реакции, скорость расходования NOBr и скорость образования Br2 .

 *Решение***.**  Из уравнения следует, что из 1 моль NOBr2 образуется 1 моль NO и 1/2 моль Br2, тогда скорость реакции можно выразить через изменение концентрации любого компонента:

 

 Скорость расходования NOBr равна скорости образования NO с обратным знаком, а скорость образования Br2 в 2 раза меньше скорости образования NO:

 , 

**Пример 4.**

 В реакции А + В  D начальные концентрации веществ А и В равны

 соответственно 2,0 моль/л и 3,0 моль/л. Скорость реакции равна

 *r* =1,2 10-3 моль/(л .с) при  А  =1,5 моль/л. Рассчитайте константу скорости и скорость реакции при  В  = 1,5 моль/л.

*Решение.* Согласно закону действующих масс скорость реакции равна:

 *r* = kАВ. К моменту времени, когда А = 1,5 моль/л, прореагировало по 0,5 моль/л веществ А и В, поэтому В = 3 - 0,5 = 2,5 моль/л.

 Константа скорости равна: k = *r* / (АВ) =1,210-3 /(1,52,5) =3,210-4 л / (моль с).

 К моменту времени, когда В = 1,5 моль/л, прореагировало по 1,5 моль/л веществ А и В, поэтому А = 2 – 1,5 = 0.5 моль/л. Скорость реакции равна:

 *r* = k  А   В  = 3,2 10-4  0,5 1,5 =2,410-4 моль/(л.с).

**Пример 5.** Энергия активации первой реакции Е1 в 3 раза больше энергии активации второй реакции Е2. При нагревании от температуры Т1 = 400К до

Т2 =500К константа скорости первой реакции увеличилась в 7 раз. Во сколько раз увеличилась константа скорости второй реакции при нагревании в этом же температурном интервале?

*Решение.* Е1 / Е2 =3. Из уравнения Аррениуса k = k0 e - E/RT  для первой реакции для двух различных температур справедливо соотношение

ln k2 / k1 = 

Из этого соотношения можно выразить 

 Аналогично из уравнения Аррениуса для второй реакции

 ln k 21 / k 11 =.

По условию задачи Е2 = Е1 /3 и , следовательно

ln; 3 ln и 

Приложение 1

**Термодинамические свойства веществ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вещество | Δf H0298,кДж/моль | S0298,Дж/(моль.К) | Δ fG0298,кДж/моль | Вещество | Δf H0298,Дж/мколь | S0298,Дж/(моль.К) | Δ fG0298,кДж/моль |
| Al (к) | 0,0 | 28,3 | 0,0 | N (г) | 473 | 153 | 456 |
| Al2O3 (к) | -1675 | 57 | -1582 | N2 (г) | 0,0 | 192 | 0,0 |
| As (к) | 0,0 | 36 | 0,0 | N2O (г) | 82 | 220 | 104 |
| As2O3 (к) | -666 | 117 | -588 | NO (г) | 91 | 211 | 87 |
| As2O5 (к) | -925 | 105 | -782 | NO2 (г) | 33 | 240 | 51 |
| AsF3 (г) | - 921 | 289 | -906 | N2O4 (г) | 9 | 304 | 98 |
| AsF5 (г) | -1238 | 353 | -1181 | NH3 (г) | -46 | 192 | -16 |
| Ar (г) | 0,0 | 150,8 | 0,0 | NH4Cl(к) | -315 | 95 | -203 |
| Ag (к) | 0,0 | 43 | 0,0 | Ne (г) | 0,0 | 146 | 0,0 |
| Au (к) | 0,0 | 48 | 0,0 | Ni (к) | 0,0 | 30 | 0,0 |
| Be (к) | 0,0 | 10 | 0,0 | NiO (к) | -240 | 38 | -212 |
| C (графит) | 0,0 | 5,74 | 0,0 | Ni(OH)2 (к) | -544 | 80 | -459 |
| CO(г) | -110 | 197 | -137 | O (г) | 249 | 161 | 232 |
| CO2 (г) | -393 | 214 | -395 | O2 (г) | 0,0 | 205 | 0,0 |
| CS2 (ж) | 88 | 151 | 64 | PCl5 (г) | -375 | 364 | -305 |
| COF2 (г) | -635 | 258 | -619 | Pb (к) | 0,0 | 65 | 0,0 |
| CaO (к) | -635 | 40 | -604 | PbO (к) | -217 | 69 | -183 |
| Ca(OH)2(к) | -985 | 83 | -897 | PbO2 (к) | -277 | 72 | -218 |
| CaCO3 (к) | -1207 | 92 | -1128 | PbS (к) | -101 | 91 | -99 |
| Co (к) | 0,0 | 30 | 0,0 | Pt (к) | 0,0 | 42 | 0,0 |
| Cu (к) | 0,0 | 33 | 0,0 | Rh (к) | 0,0 | 29 | 0,0 |
| Cr (к) | 0,0 | 24 | 0,0 | S (к) | 0,0 | 32 | 0,0 |
| CuCl (к) | -136 | 87 | -119 | S2 (г) | 128 | 228 | 79 |
| CrCl2 (к) | -393 | 115 | -356 | SO2 (г) | -297 | 248 | -300 |
| CrCl3 (к) | -516 | 123 | -446 | SO2Cl2 (г) | -364 | 312 | -320 |
| CrF2 (к) | -754 | 84 | -711 | SO3 (г) | -396 | 257 | -371 |
| Ce2O3 (к) | -1801 | 143 | -1708 | Si (к) | 0,0 | 19 | 0,0 |
| Cl (г) | 122 | 165 | 106 | SiO2 (к) | -859 | 42 | -805 |
| Cl2 (г) | 0,0 | 223 | 0,0 | Sn (к) | 0,0 | 52 | 0,0 |
| Cl2F6 (г) | -326 | 562 | -246 | Sb (к) | 0,0 | 46 | 0,0 |
| Fe (к) | 0,0 | 27 | 0,0 | W (к) | 0,0 | 33 | 0,0 |
| FeO (к) | -264 | 59 | -251 | WO3 (г) | -293 | 287 | -277 |
| Fe2O3 (к) | -824 | 87 | -742 | WO3 (к) | -843 | 76 | -764 |
| Fe3O4 (к) | -1117 | 151 | -1012 | Zn (к) | 0,0 | 42 | 0,0 |
| F (г) | 79 | 159 | 62 | ZrCl2 (г) | -326 | 308 | -340 |
| F2 (г) | 0,0 | 203 | 0,0 | CH4 (г) | -75 | 186 | -51 |
| Ge (к) | 0,0 | 42 | 0,0 | C2H2 (г) | 309 | 244 | 297 |
| GeO2 (к) | -580 | 40 | -522 | C2H4 (г) | 55 | 232 | 68 |
| GeCl4 (г) | -495 | 348 | -457 | C2H6 (г) | -85 | 230 | - |
| H (г) | 218 | 115 | 203 | C2H6O (г) | -277 | 161 | - |
| H2 (г) | 0,0 | 131 | 0,0 | C3H6 (г) | 20 | 227 | - |
| H2O(ж) | -286 | 70 | -238 | C3H8 (г) | -104 | 270 | - |
| H2O (г) | -242 | 189 | -228 | C4H8 (г) | 1,7 | 307,4 | - |
| HCl (г) | -92 | 187 | -951 | CH2O (г) | -116 | 219 | - |
| H2S (г) | -21 | 206 | -34 | C6H5NO2(ж) | 16 | 224 | - |
| HF (г) | -271 | 174 | -273 | C5H5N(ж) | 100 | 178 | - |
| Hg2Br2 (к) | -207 | 218 | -181 | CH4N2O(к) | -333 | 105 | - |
| He (г) | 0,0 | 126 | 0,0 | C10H8 (к) | 78 | 167 | - |
| Ir (к) | 0,0 | 35 | 0,0 | CH4O (ж) | -239 | 127 | - |
| Ir2S3 (к) | -245 | 97 | -224 | C3H6O (г) | -218 | 295 | - |
| Kr (г) | 0,0 | 164 | 0,0 | C4H10 (г) | -126 | 310 | - |
| Mn (к) | 0,0 | 32 | 0,0 | CH3COOH(ж) | -484 | 160 | - |
| MnO (к) | -385 | 60 | -363 | C2H5OH (ж) | -277 | 161 | - |
| MnO2 (к) | -520 | 53 | -465 | C6H6 (г) | 83 | 269 | - |
| MgO (к) | -601 | 27 | -569 | C6H12 (г) | -42 | 403 | - |
| Mg(OH)2(к) | -925 | 63 | -834 | HCOOH (ж) | -426 | 91 | - |
| Mo(к) | 0,0 | 29 | 0,0 |  |  |  |  |
| MoO2 (к) | -585 | 46 | -534 |  |  |  |  |
| Mo2C (к) | 18 | 82 | 12 |  |  |  |  |

**Рекомендуемая литература**

1. Ермолаева В.И., Романко О.И., Смирнов А.Д., Батюк В.А. Методические указания к выполнению домашнего задания по базовому курсу химии.Ч.1.- М.: Изд. МГТУ, 2001.
2. Ермолаева В.И., Романко О.И., Смирнов А.Д., Батюк В.А. Методические указания к выполнению домашнего задания по базовому курсу химии.Ч.2.- М.: Изд. МГТУ, 2001.
3. Фадеев Г.Г., Двуличанская Н.Н. Решение задач по курсу «Химия» для нехимических вузов. Ч.1. – М.: Изд. «Дом педагогики», 2000.
4. Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Задачи по неорганической химии.- М.: Высш. шк., 1990.
5. Любимова Н.Б. Вопросы и задачи по общей и неорганической химии.- М.: Высш. шк., 1990.
6. Романцева А.М., Лещинская З.Л., Суханова В.А.- Сборник задач и упражнений по общей химии.- М.: Высш. шк., 1991.
7. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии.- Л.: Химия. 1984.
8. Лидин Р.А. Справочник по общей и неорганической химии.- М.: Просвещение., 1997.
9. Горбунов А.И., Гуров А.А., Филиппов Г.Г., Шаповал В.Н. Теоретические основы общей химии. - М.: Изд. МГТУ, 2001.
10. Коровин Н.В. Общая химия.- М.: Высш. шк., 1998.
11. Фролов В.В. Химия. - М.: Высш. шк., 1986.