ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

## Кафедра «Химические технологии нефтегазового комплекса»

**Методические указания**

**и варианты заданий для выполнения контрольных работ**

**по дисциплине**

**«ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»**

для обучающихся бакалавриата заочной формы обучения

по направлению 18.03.01

Ростов-на-Дону

2025

**Введение**

Физическая химия, возникшая на стыке двух фундаментальных разделов естествознания — физики и химии, устанавливает взаимосвязь между протеканием химических реакций и изменением энергии, занимается проблемами строения вещества и его свойствами в различных состояниях. В процессе становления физической химии такие ее разделы, как химическая термодинамика, кинетика и катализ, квантовая химия, электрохимия, кристаллохимия, химия твердого состояния, радиохимия и другие, выделились в самостоятельные научные направления. Каждое из этих направлений связано с другими областями химического знания и входит в определенную иерархическую систему химических наук, которая и образует современную химию. Единой универсальной связкой этих наук являются методы физической химии. Подготовка бакалавров по направлению «Химические технологии» предполагает освоение ими всех основных разделов физической химии, в том числе аппарата термодинамики и различных модельных подходов, и приобретение навыков и умений по применению этих методов на практике для решения химических задач.

Учебное пособие предназначено для студентов-заочников направления 18.03.01 «Химическая технология».

К сдаче экзамена допускаются только те обучающиеся, которые выполнили лабораторные работы и предъявили отчеты по ним, успешно выполнили контрольные работы. При сдаче экзамена обучающийся предъявляет преподавателю зачетную книжку и краткие формулировки ответов на вопросы по полученному билету.

**Перечень разделов и тем для подготовки к экзамену**

*Термодинамика*. Первое начало термодинамики и его применение к физическим и химическим процессам. Эквивалентность теплоты и работы. Понятие внутренней энергии. Закон Гесса и следствия из него. Способы расчета тепловых эффектов химических реакции. Теплоемкость. Зависимость теплоемкости от температуры. Зависимость теплового эффекта химических реакций от температуры. Закон Кирхгофа. Энтропия. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах, в ходе химической реакции, процессах нагревания веществ, смешения идеальных газов, при фазовых переходах. Постулат Планка, третье начало термодинамики. Абсолютная энтропия веществ и ее вычисление. Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца. Максимальная полезная работа. Термодинамические потенциалы как критерий направления протекания процессов. Расчет изменения энергии Гиббса и энергии Гельмгольца в различных процессах. Характеристические функции. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Системы переменного состава. Условия термодинамического равновесия в системах переменного состава. Химический потенциал, уравнения для его расчета в идеальных и реальных системах.

*Фазовое равновесие*. Условие термодинамического равновесия в многофазных многокомпонентных системах. Правило фаз Гиббса. Фазовое равновесие в однокомпонентных системах. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона и его использование для расчета процессов фазовых переходов. Фазовые диаграммы однокомпонентных систем. Тройная точка. Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах. Термический анализ. Твердые растворы. Взаимная растворимость двух жидкостей. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем (эвтектические системы, системы с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимися компонентами, системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов). Равновесия в многокомпонентных системах.

*Химическая термодинамика*. Уравнение изотермы химической реакции. Закон действующих масс. Константа равновесия. Химическое сродство. Константы равновесия для гомогенных и гетерогенных реакций. Вычисление состава равновесной смеси, выхода продукта, степени превращения, степени диссоциации. Зависимость константы равновесия от температуры. Уравнение изобары и изохоры химической реакции. Принцип Ле-Шателье‑Брауна. Влияние температуры, давления и посторонних примесей на химическое равновесие.

*Теория растворов*. Экстенсивные и интенсивные свойства растворов. Парциальные мольные величины и методы их определения. Классификация растворов (растворы идеальные, неидеальные, предельно разбавленные). Химический потенциал компонента идеального и неидеального раствора. Активность компонента, коэффициент активности. Свойства растворов. Давление пара компонентов над раствором. Понижение температуры замерзания и повышение температуры кипения растворов. Предельная растворимость твердого вещества в растворе. Осмотическое давление. Экстракция. Летучие смеси. Законы Коновалова. Перегонка бинарных смесей.

*Основы электрохимии*. Электролиты. Теории растворов электролитов. Константа и степень диссоциации. Закон разведения Оствальда. Основы электростатической теории сильных электролитов Дебая-Хюккеля. Электрическая проводимость растворов электролитов. Кондуктометрия. Электролиз, законы Фарадея. Выход по току, основы кулонометрии. Электрохимический потенциал. Типы потенциалов. Двойной электрический слой. Уравнение Нернста. Классификация электродов. Гальванические элементы. ЭДС. Химические и концентрационные цепи. Цепи без переноса и с переносом. Диффузионный потенциал, его устранение. Потенциометрия.

*Химическая кинетика*. Понятие о скорости химической реакции. Порядок и молекулярность реакции. Формальная кинетика. Прямая и обратная задачи химической кинетики. Кинетика простых реакций. Методы определения порядка химической реакции. Кинетика сложных гомогенных реакций. Лимитирующая стадия. Диффузионная и кинетическая области протекания процесса. Зависимость скорости простых и сложных реакций от температуры. Правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Теория активных столкновений и теория абсолютных скоростей химических реакций. Кинетика цепных реакций.

*Катализ*. Классификация каталитических реакций. Гомогенный катализ и его механизм в растворах. Кислотно-основной и ферментативный катализ. Гетерогенный катализ. Особенности гетерогенно-каталитических процессов. Энергия активации гетерогенной каталитической реакции. Адсорбция на поверхности твердого катализатора. Механизм гетерогенного катализа. Промоторы и ингибиторы. Кинетика гетерогенного катализа. Теории гетерогенного катализа. Понятие активных центров в гетерогенном катализе. Мультиплетная теория катализа. Катализаторы на носителях. Теория активных ансамблей.

**КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ**

Выполнение контрольных работ по дисциплине – один из видов межсессионных заданий. Контрольные работы студенты заочного отделения выполняют после прослушивания установочных лекций. Выполнение заданий – важный этап в профессиональной подготовке, так как они способствуют повышению качества усвоения программного материала, углубленному пониманию наиболее важных разделов курса.

Ниже приводятся задания, входящие в состав контрольных работ, а также список литературы, помогающий выполнить данную работу. Тему задания следует выбирать по двум последним цифрам в номере зачетной книжки.

Для выполнения некоторых заданий необходимо воспользоваться справочной литературой, например,

*Краткий справочник физико-химических величин / под ред. А.А. Равделя и А.М. Пономаревой. СПб, 2003 (*[*https://www.twirpx.com/file/618380/*](https://www.twirpx.com/file/618380/)*)*

или другими аналогичными изданиями.

Графические задания выполняются с соблюдением необходимого и достаточного масштаба на миллиметровой бумаге либо с привлечением электронно-вычислительных средств (например, MS Office Excel).

**Контрольная работа № 1**

**Задание 1.1**

Вычислите тепловой эффект реакции А при 298 К:

1) при *P* = const;

2) при *V* = const.

Тепловые эффекты образования веществ при стандартных условиях возьмите из справочника.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Реакция А | № варианта | Реакция А |

| *1* | *2* | *3* | *4* |
| --- | --- | --- | --- |
| 01, 26, 51, 76 | 2H2 + CO = CH3OH(ж) | 14, 39, 64, 89 | SO2 + Cl2 = SO2Cl2 |
| 02, 27, 52, 77 | 4HCl + O2 = 2H2O(ж) + 2Cl2 | 15, 40, 65, 90 | CO + 3H2 = CH4 + H2O(ж) |
| 03, 28, 53, 78 | NH4Cl(тв) = NH3 + HCl | 16, 41, 66, 91 | 2CO + SO2 = S(ромб) + 2CO2 |
| 04, 29, 54, 79 | 4NO + 6H2O(ж) = 4NH3 + 3O2 | 17, 42, 67, 92 | CO + Cl2 = COCl2(г) |
| 05, 30, 55, 80 | 4NO + 6H2O(ж) = 4NH3 + 5O2 | 18, 43, 68, 93 | CO2 + H2 = CO + H2O(ж) |
| 06, 31, 56, 81 | 2NO2 = 2NO + O2 | 19, 44, 69, 94 | CO2 + 4H2 = CH4 + 2H2O(ж) |
| 07, 32, 57, 82 | N2O4 = 2NO2 | 20, 45, 70, 95 | 2CO2 = 2CO + O2 |
| 08, 33, 58, 83 | Mg(OH)2 = MgO + H2O(г) | 21, 46, 71, 96 | CH4 + CO2 = 2CO + 2H2 |
| 09, 34, 59, 84 | CaCO3 = CaO + CO2 | 22, 47, 72, 97 | C2H6 = C2H4 + H2 |
| 10, 35, 60, 85 | Ca(OH)2 = CaO + H2O(г) | 23, 48, 73, 98 | C2H5OH(ж) = C2H4 + H2O(ж) |
| 11, 36, 61, 86 | S(ромб) + 2H2O(ж) = SO2 + 2H2 | 24, 49, 74, 99 | CH3CHO(г) + H2 = C2H5OH(ж) |
| 12, 37, 62, 87 | S(ромб) + 2CO2 = SO2 + 2CO | 25, 50, 75, 00 | C6H6(ж) + 3H2 = C6H12 |
| 13, 38, 63, 88 | 2SO2 + O2 = 2SO3 |  |  |

**Задание 1.2**

Вычислите Δ*S* для процессов перехода 1 моль газа А из состояния 1 (*P*1 = 1,013∙105 Па, *Т*1 = 298 К) в состояние 2 (*Р*2, *Т*2).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Газ А | *Р*2∙10-2, Па | *Т*2, К | № варианта | Газ А | *Р*2∙10-2, Па | *Т*2, К |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 01, 26, 51, 76 | H2 | 1,33 | 250 | 14, 39, 64, 89 | N2 | 13,33 | 950 |
| 02, 27, 52, 77 | H2O | 13,0 | 350 | 15, 40, 65, 90 | O2 | 133,3 | 1000 |
| 03, 28, 53, 78 | He | 133,0 | 400 | 16, 41, 66, 91 | O2 | 1333 | 250 |
| 04, 29, 54, 79 | He | 1330 | 450 | 17, 42, 67, 92 | O2 | 1,33 | 350 |
| 05, 30, 55, 80 | CH4 | 1,33 | 500 | 18, 43, 68, 93 | F2 | 13,33 | 400 |
| 06, 31, 56, 81 | CH4 | 13,3 | 550 | 19, 44, 69, 94 | Ne | 133,3 | 450 |
| 07, 32, 57, 82 | CO | 133 | 600 | 20, 45, 70, 95 | Cl2 | 1333 | 500 |
| 08, 33, 58, 83 | CO2 | 1330 | 650 | 21, 46, 71, 96 | Cl2 | 1,33 | 550 |
| 09, 34, 59, 84 | CO2 | 1,3 | 700 | 22, 47, 72, 97 | Ar | 13,33 | 600 |
| 10, 35, 60, 85 | CO2 | 13,33 | 750 | 23, 48, 73, 98 | Kr | 133,3 | 650 |
| 11, 36, 61, 86 | C2H6 | 133,30 | 800 | 24, 49, 74, 99 | Kr | 1333 | 700 |
| 12, 37, 62, 87 | C2H6 | 1333 | 850 | 25, 50, 75, 00 | Xe | 1,33 | 750 |
| 13, 38, 63, 88 | N2 | 1,33 | 900 |  |  |  |  |

**Задание 1.3**

Газообразные вещества А и В реагируют с образованием газообразного продукта С:

1) выразите *Кр* и *Кс* через равновесное количество вещества С, равное *х*, если исходные вещества А и В взяты в стехиометрических количествах при общем давлении равновесной системы *Р* и температуре *Т*;

2) рассчитайте *Кр* и *Кс* при 300 К, если *Р* = 7,5∙104 Па, *х* = 0,45;

3) вычислите равновесное количество вещества С при давлении в равновесной системе 3∙104 Па и 300 К.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Уравнение реакции | № варианта | Уравнение реакции | № варианта | Уравнение реакции |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 01, 26, 51, 76 | А + В = ½С | 10, 35, 60, 85 | ½А + В = 3С | 19, 44, 69, 94 | А + 2В = 2С |
| 02, 27, 52, 77 | ½А + В = С | 11, 36, 61, 86 | 2А + ½В = 3С | 20, 45, 70, 95 | А + 2В = 3С |
| 03, 28, 53, 78 | 3А + В = 2С | 12, 37, 62, 87 | 2А + 3В = 2С | 21, 46, 71, 96 | А + В = 2С |
| 04, 29, 54, 79 | 2А + 3В = 3С | 13, 38, 63, 88 | 3А + ½В = 3С | 22, 47, 72, 97 | 2А + 2В = С |
| 05, 30, 55, 80 | 2А + ½В = 2С | 14, 39, 64, 89 | 3А + ½В = 2С | 23, 48, 73, 98 | 2А + 2В = 3С |
| 06, 31, 56, 81 | 3А + ½В = С | 15, 40, 65, 90 | ½А + ½В = 3С | 24, 49, 74, 99 | 3А + 3В = 2С |
| 07, 32, 57, 82 | А + 2В = С | 16, 41, 66, 91 | ½А + ½В = С | 25, 50, 75, 00 | ½А + В = ½С |
| 08, 33, 58, 83 | А + В = 3С | 17, 42, 67, 92 | А + 3В = 3С |  |  |
| 09, 34, 59, 84 | ½А + В = 2С | 18, 43, 68, 93 | 3А + В = С |

**Задание 1.4**

По зависимостям давления насыщенного пара от температуры и плотности данного вещества А с молекулярной массой *М* в твердом и жидком состояниях (*d*тв и *d*ж в кг/м3) в тройной точке (тр.т.):

1) постройте график зависимости lg*P* от 1/*Т*;

2) определите по графику координаты тройной точки;

3) рассчитайте среднюю теплоту испарения и возгонки;

4) постройте график зависимости давления насыщенного пара от температуры;

5) определите теплоту плавления вещества при температуре тройной точки;

7) вычислите температуру плавления вещества при *Р* Па;

8) определите число термодинамических степеней свободы при следующих значениях температуры и давления:

а) *Т*тр.т., *Р*тр.т.; б) *Т*н.т.к., *Р* = 1 атм; в) *Т*н.т.к., *Р*тр.т..

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Твердое состояние | | Жидкое состояние | | Условия | № варианта | Твердое состояние | | Жидкое состояние | | Условия |
| *Т*, К | *Р*, Па | *Т*, К | *Р*, Па | *Т*, К | *Р*, Па | *Т*, К | *Р*, Па |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10* | *11* | *12* |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 01  25  49  73  97 | 268,2  269,2  270,2  271,2  272,2 | 401,2  437,2  475,2  517,2  533,3 | 269,2  272,2  273,2  275,2  278,2  283,2  288,2 | 505  533,2  573  656  460  982  1600 | *М* = 18  *Р* = 40,5∙105  *d*тв = 918  *d*ж = 1000 | 13  37  61  85 | 131  135  137  139,2  141,5  144,0  146 | 1333  1999,5  2666  3999  5332  7998  9997,5 | 137  141  145  146  149  151,4 | 6665  7331,5  8664,5  9997,5  12663  15996 | *М* = 68  *Р* = 300∙105  *d*тв = 1450  *d*ж = 1434 |
| 02  26  50  74  98 | 248,0  254,4  258,0  259,0  260,0 | 7998  13300  17995  19995  23327 | 260,0  265,0  270,0  278,0  282,0 | 23327  27190  31860  40290  47990 | *М* = 27  *Р* = 800∙105  *d*тв = 718  *d*ж = 709 | 14  38  62  86 | 273,2  274,2  276,2  277,2  278,2 | 3265,8  3465,8  3932,3  4305,6  4530 | 274,2  275,2  276,2  278,2  283,2  290,2 | 3730  4000  4160  4530  6050  8930 | *М* = 78  *Р* = 900∙105  *d*тв = 893  *d*ж = 890 |
| 03  27  51  75  99 | 55  58  59,2  63  64 | 1333  3999  11997  14663  17329 | 60,0  64,0  66,0  67,8  69,0  71,0 | 12663  17329  22394  27993  31992  39990 | *М* = 28  *Р* = 500∙105  *d*тв = 1026  *d*ж = 808 | 15  39  63  87 | 177,3  180  182  184  185,5 | 15996  19995  23994  28659  32992 | 180  185,5  188  191  194  196,8 | 26660  32992  37057  43456  41987  59985 | *М* = 81  *Р* = 300∙105  *d*тв = 1626  *d*ж = 1610 |
| 04  28  52  76  00 | 100  104  107  109  110,5  112 | 4132  8531  14663  19995  25367  39653 | 105  112  114  115  116  117 | 17329  29653  34738  38657  46435  53053 | *М* = 300  *Р* = 900∙105  *d*тв = 1272  *d*ж = 1260 | 16  40  64  88 | 99  101,9  103  104,5  107,2  115,5 | 10675  13995  17330  19995  26660  68649 | 111  115,5  117  118  119  119,6 | 63984  68649  72782  77980  82646  87711 | *М* = 83,5  *Р* = 800∙105  *d*тв = 3330  *d*ж = 2150 |
| 05  29  53  77 | 229,2  248,0  257,0  267,2  273,2 | 133,3  694,5  1333  2966  4786 | 273,3  282,5  298,2  306,7  312,5  316,5 | 31192  38657  46655  55986  69476  77314 | *М* = 32  *Р* = 300∙105  *d*тв = 837  *d*ж = 825 | 17  41  65  89 | 272,5  271,3  275,7  277,2  279,2  281,7 | 3332,5  3599,1  4065,6  4398,9  5065,4  5798,6 | 275,7  280,2  281,7  283,3  285,2  287,5 | 4878,8  5598,6  5798,6  3198,6  6931,6  7731,4 | *М* = 84  *Р* = 120∙105  *d*тв = 796  *d*ж = 788 |
| 06  30  54  78 | 173  178  183  184  190 | 7330  11600  16795  19995  31192 | 190  196  200  207  215  221 | 592751  648480  674824  1005114  1065237  1131722 | *М* = 34  *Р* = 450∙105  *d*тв = 1010  *d*ж = 980 | 18  42  66  90 | 353,2  363,2  373,2  383,2  393,2 | 39,99  79,98  186,6  393,2  679,8 | 363,3  393,2  395,2  400,7  403,7  408,7 | 186,6  679,8  733,1  973,1  1133  1399,6 | *М* = 122  *Р* = 850∙105  *d*тв = 1105  *d*ж =1 095 |
| 07  31  55  79 | 196  203  213  220 | 101325  190491  402360  648480 | 212  220  223  239  241  242 | 592751  648480  674824  1005114  1065237  1131722 | *М* = 44  *Р* = 750∙105  *d*тв = 1542  *d*ж = 1510 | 19  43  67  91 | 205,2  208  209,2  213,2  216,4  220  224,2 | 16796  19195  22662  29859  35991  45988  59985 | 219,2  224,2  226,7  229,2  231,2  323,7 | 55319  59985  66650  75981  83979  87975 | *М* = 127,5  *Р* = 500∙105  *d*тв = 2970  *d*ж = 2850 |
| 08  32  56  80 | 276,6  278,2  279,2  280,2  281,4 | 1413  1706  1879  2066  2372 | 277,2  279,2  281,4  283,2  285,2  288,7 | 1836  2082  2372  2626  2932  3279 | *М* = 46  *Р* = 950∙105  *d*тв = 1240  *d*ж = 1290 | 20  44  68  92 | 334,6  338,4  343,2  348,2  353,2  353,7 | 266,6  352,2  533,2  733,1  1039,1  1266,3 | 248,2  353,7  358,2  363,8  368,8  373,8 | 1046  1266,3  1399  1666  2066  2466 | *М* = 127,5  *Р* = 180∙105  *d*тв = 1145  *d*ж = 982 |
| 09  33  57  81 | 230  233  237  240  243  245  249 | 26260  31458  39900  49997  58618  66650  86645 | 236  246  248  249  252,5  253,5 | 63315  78647  83979  86645  96942  100508 | *М* = 52  *Р* = 350∙105  *d*тв = 3010  *d*ж = 2955 | 21  45  69  93 | 423,5  433,2  437,7  441,2  444,2  448,2 | 23994  31325  35324  39323  43322  47454 | 446,4  448,2  451,2  460  470  480 | 47000  47454  49987  55986  63317  71345 | *М* = 152  *Р* = 600∙105  *d*тв = 985  *d*ж = 977 |
| 10  34  58  82 | 1758,2  1788,2  1810,2  1835,2  1873,2 | 22,65  63,98  99,97  115,99  300,00 | 1832  1873,2  1905  1938  1956  1991  2040 | 187  300  387  486  573  800  973 | *М* = 52,5  *Р* = 500∙105  *d*тв = 6800  *d*ж = 6750 | 22  46  70  94 | 223,2  237,3  246,3  252,2  253,3 | 133,3  466,3  799,8  1213  1319 | 244,2  253,2  270,1  282,5  285,7 | 1200  1319  2465  3865  4398 | *М* = 154  *Р* = 60,8∙105  *d*тв = 1680  *d*ж = 1650 |
| 11  35  59  83 | 242,1  252,4  263,8  271,2  280,9  293,0 | 1333  2666  5332  7998  13330  26660 | 293  303  308  311  313  316 | 26660  37724  46188  51720  56186  63317 | *М* = 58  *Р* =700∙105  *d*тв = 822  *d*ж = 812 | 23  47  71  95 | 418,0  446,5  460,2  474,9  490,5 | 133,3  667,0  1333,0  2666,0  5332,0 | 490,5  504,8  523,0  552,0  583,2  612 | 5332  8020  13300  26600  53320  101308 | *М* = 174  *Р* = 220∙105  *d*тв = 954  *d*ж = 948 |
| 12  36  60  84 | 183,3  188,0  196,2  199,2  203,7 | 333,3  586,5  1850  3000  5305 | 201,0  203,7  214,0  216,0  230,2  244,0 | 4665,6  5305  7198  7998  13328  21728 | *М* = 64  *Р* = 1000∙105  *d*тв = 1600  *d*ж = 1560 | 24  48  72  96 | 377,2  381,2  383,2  386,2  389,7  392,2 | 7064  8531  9331  10397  11997  13997 | 373,2  388,2  392,2  393,2  397,2  401,2 | 10662  12397  13997  14796  16929  19462 | *М* = 254  *Р* = 200∙105  *d*тв = 3960  *d*ж = 3900 |

**Контрольная работа № 2**

**Задание 2.1**

По значениям констант скоростей реакции при двух температурах определите энергию активации, константу скорости при температуре *Т*3, температурный коэффициент скорости и количество вещества, израсходованное за время *t*, если начальные концентрации равны *с0*. Учтите, что порядок реакции и молекулярность совпадают.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Реакция | *Т*1, К | *k*1, мин-1  моль-1∙л | *Т*2, К | *k*2, мин-1  моль-1∙л | *Т*3, К | *t*, мин | *с0*,  моль/л |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 01, 26, 51, 76 | H2 + Br2 → 2HBr | 574,5 | 0,0856 | 497,2 | 0,00036 | 483,2 | 60 | 0,09 |
| 02, 27, 52, 77 | H2 + Br2 → 2HBr | 550,7 | 0,0159 | 524,6 | 0,0026 | 568,2 | 10 | 0,1 |
| 03, 28, 53, 78 | H2 + I2 → 2HI | 599,0 | 0,00146 | 672,0 | 0,0568 | 648,2 | 28 | 2,83 |
| 04, 29, 54, 79 | H2 + I2 → 2HI | 683,0 | 0,0659 | 716,0 | 0,375 | 693,2 | 27 | 1,83 |
| 05, 30, 55, 80 | 2HI → H2 + I2 | 456,9 | 0,942∙10-6 | 700,0 | 0,00310 | 923,2 | 17 | 2,38 |
| 06, 31, 56, 81 | 2HI → H2 + I2 | 328,4 | 0,809∙10-4 | 780,4 | 0,1059 | 976,2 | 18 | 1,87 |
| 07, 32, 57, 82 | 2NO → N2 + O2 | 525,2 | 47059 | 1251,4 | 1073 | 1423,2 | 45 | 2,83 |
| 08, 33, 58, 83 | 2NO2 → N2 + 2O2 | 986,3 | 6,72 | 1165,0 | 977,0 | 1053,2 | 65 | 1,75 |
| 09, 34, 59, 84 | N2O5 → N2O4 + ½O2 | 298,2 | 0,00203 | 288,2 | 0,475∙10-3 | 338,2 | 32 | 0,93 |
| 10, 35, 60, 85 | PH3 → P(г) + 1,5H2 | 953,2 | 0,0183 | 918,2 | 0,0038 | 988,2 | 80 | 0,87 |
| 11, 36, 61, 86 | SO2Cl2 → SO2 + Cl2 | 552,2 | 0,609∙10-4 | 593,2 | 0,132∙10-2 | 688,2 | 35 | 2,5 |
| 12, 37, 62, 87 | KClO2 + 6FeSO4 + 3H2SO4 → KCl + 3Fe2(SO4)3 + 3H2O\* | 283,2 | 1,00 | 305,2 | 7,15 | 383,2 | 35 | 1,67 |
| 13, 38, 63, 88 | CO + H2O → CO2 + H2 | 288,2 | 0,00031 | 313,2 | 0,00815 | 303,2 | 89 | 3,85 |
| 14, 39, 64, 89 | COCl2 → CO + Cl2 | 655,0 | 0,53∙10-2 | 745,0 | 67,6∙10-2 | 698,2 | 104,5 | 0,8 |
| 15, 40, 65, 90 | C2H5ONa + CH3I → C2H5OCH3 + NaI | 273,3 | 0,0336 | 303,2 | 2,125 | 288,2 | 10 | 0,87 |
| 16, 41, 66, 91 | CH2OHCH2Cl + KOH → CH2OHCH2OH + KCl | 297,7 | 0,68 | 316,8 | 5,23 | 303,2 | 18 | 0,96 |
| 17, 42, 67, 92 | CH3ClCOOH + H2O → CH2OHCOOH + HCl | 353,2 | 0,222∙10-4 | 403,2 | 0,00237 | 423,2 | 26 | 0,50 |
| 18, 43, 68, 93 | CH3CO2C2H5 + NaOH → CH3CO2Na + C2H5OH | 282,6 | 2,307 | 318,1 | 21,65 | 343,2 | 15 | 0,95 |
| 19, 44, 69, 94 | CH3CO2CH3 + H2O → CH3CO2H + CH3OH  (в водном растворе катализатор – 0,1н HCl) | 2989,2 | 0,653∙10-3 | 308,2 | 1,663∙10-3 | 313,2 | 25 | 1,60 |
| 20, 45, 70, 95 | CH3CO2CH3 +H2O → CH3CO2H + CH3OH | 298,2 | 16,09∙10-3 | 308,2 | 37,84∙10-3 | 323,2 | 80 | 2,96 |
| 21, 46, 71, 96 | CHCO2C2H6 + H2O → CH3CO2H + C2H5OH | 273,2 | 2,056∙10-5 | 313,2 | 109,4∙10-5 | 298,2 | 67 | 3,55 |
| 22, 47, 72, 97 | 2CH2O + NaOH → HCO2Na + CH3OH | 323,2 | 5,5∙10-3 | 358,2 | 294,0∙10-3 | 338,2 | 5 | 0,5 |
| 23, 48, 73, 98 | (CH3)2SO4 + NaI → CH3I + Na(CH3)SO4 | 273,2 | 0,029 | 298,2 | 1,04 | 285,8 | 100 | 3,89 |
| 24, 49, 74, 99 | C6H5CH2Br + C2H5OH → C6H5CH2OC2H5 + HBr | 298,2 | 1,44 | 338,2 | 2,01 | 318,2 | 90 | 2,67 |
| 25, 50, 75, 00 | C12H22O11 + H2O → C6H12O6 + C6H12O6 | 298,2 | 0,765 | 328,2 | 35,5 | 313,2 | 15 | 1,85 |

\*Реакция подчиняется уравнению реакции первого порядка.

**Задание 2.2**

При температуре *Т* давление пара раствора концентрации *с* неизвестного нелетучего вещества в жидком растворителе равно *Р* Па; плотность этого раствора *d*. Зависимость давления насыщенного пара от температуры над жидким и твердым чистым растворителем смотрите в *Задании 1.4 Контрольная работа № 1* (номер варианта выбирать в соответствии с таблицей ниже):

1) вычислите молекулярную массу растворенного вещества;

2) определите молярную и моляльную концентрации раствора;

3) вычислите осмотическое давление раствора;

4) постройте кривую *Р* = *f*(*T*) для данного раствора и растворителя;

5) определите графически температуру, при которой давление пара над чистым растворителем будет равно *Р* Па;

6) определите понижение температуры замерзания раствора;

7) вычислите криоскопическую постоянную.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Массовое содержание нелетучего вещества, % | Молекулярная масса растворителя | *Р*, Па | *Т*, К | *d*∙10-3,  кг/м3 |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 01, 17, 33, 49, 65, 81, 97 | 0,5 | 18 | 1598 | 288,2 | 1,000 |
| 02, 18, 34, 50, 66, 82, 98 | 8 | 27 | 38714 | 278 | 0,750 |
| 03, 19, 35, 51, 67, 83, 99 | 5 | 28 | 31740 | 69 | 0,850 |
| 04, 20, 36, 52, 68, 84, 00 | 8,5 | 30 | 33841 | 114 | 1,300 |
| 05, 21, 37, 53, 69, 85 | 5 | 32 | 16103 | 306,7 | 1,590 |
| 06, 22, 38, 54, 70, 86 | 9 | 34 | 55000 | 207 | 1,985 |
| 07, 23, 39, 55, 71, 87 | 8 | 44 | 650000 | 223 | 1,500 |
| 08, 24, 40, 56, 72, 88 | 7 | 46 | 2375 | 283,2 | 1,210 |
| 09, 25, 41, 57, 73, 89 | 5 | 52 | 91912 | 252,5 | 2,900 |
| 10, 26, 42, 58, 74, 90 | 4,5 | 52,5 | 776 | 1991 | 6,800 |
| 11, 27, 43, 59, 75, 91 | 5 | 58 | 35896 | 303 | 3,560 |
| 12, 28, 44, 60, 76, 92 | 6 | 64 | 7328 | 216 | 1,590 |
| 13, 29, 45, 61, 77, 93 | 3 | 68 | 12420 | 149 | 1,780 |
| 14, 30, 46, 62, 78, 94 | 3 | 78 | 5807 | 283,2 | 0,750 |
| 15, 31, 47, 63, 79, 95 | 6 | 81 | 49431 | 194 | 1,210 |
| 16, 32, 48, 64, 80, 96 | 5 | 83,5 | 84990 | 119,6 | 2,160 |

**Задание 2.3**

Для окислительно-восстановительного элемента типа

Pt | A, B || C, D || Pt

по стандартным электродным потенциалам полуэлементов (см. справочник) напишите уравнение и вычислите константы равновесия реакции окисления-восстановления. Вычислите ЭДС элемента при 298 К. Считайте = 1, = 0,2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | А | В | C | D | *a*A | *a*B | *a*C | *a*D |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| \*01, 26, 51, 76 |  |  |  |  | 0,10 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| \*02, 27, 52, 77 |  |  | H3AsO4 | HAsO2 | 0,005 | 0,015 | 0,001 | 0,03 |
| \*03, 28, 53, 78 |  |  | MnO2 |  | 0,009 | 0,014 | 0,001 | 0,07 |
| \*04, 29, 54, 79 |  |  |  |  | 0,02 | 0,01 | 0,08 | 0,15 |
| 05, 30, 55, 80 |  |  |  |  | 0,018 | 0,005 | 0,1 | 0,15 |
| 06, 31, 56, 81 |  |  |  |  | 0,005 | 0,15 | 0,1 | 0,001 |
| 07, 32, 57, 82 |  |  |  |  | 0,06 | 0,06 | 0,04 | 0,005 |
| 08, 33, 58, 83 |  |  |  |  | 0,006 | 0,1 | 0,08 | 0,002 |
| 09, 34, 59, 84 |  |  |  |  | 0,04 | 0,009 | 0,06 | 0,001 |
| \*10, 35, 60, 85 |  |  | MnO2 |  | 0,1 | 0,006 | 0,01 | 0,007 |
| \*11, 36, 61, 86 |  |  |  |  | 0,012 | 0,01 | 0,005 | 0,06 |
| 12, 37, 62, 87 |  |  |  |  | 0,007 | 0,016 | 0,002 | 0,05 |
| \*13, 38, 63, 88 |  |  |  |  | 0,14 | 0,009 | 0,002 | 0,08 |
| 14, 39, 64, 89 | H3AsO4 | HAsO2 | MnO2 |  | 0,08 | 0,04 | 0,02 | 0,007 |
| \*15, 40, 65, 90 | H3AsO4 | HAsO2 |  |  | 0,15 | 0,005 | 0,005 | 0,01 |
| 16, 41, 66, 91 |  |  |  |  | 0,016 | 0,007 | 0,001 | 0,1 |
| \*17, 42, 67, 92 |  |  | H3AsO4 | HAsO2 | 0,06 | 0,008 | 0,04 | 0,003 |
| 18, 43, 68, 93 |  |  |  |  | 0,08 | 0,06 | 0,007 | 0,005 |
| 19, 44, 69, 94 |  |  |  |  | 0,1 | 0,05 | 0,02 | 0,01 |
| 20, 45, 70, 95 |  |  |  |  | 0,08 | 0,007 | 0,02 | 0,005 |
| 21, 46, 71, 96 |  |  |  |  | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,04 |
| 22, 47, 72, 97 |  |  |  |  | 0,009 | 0,04 | 0,02 | 0,02 |
| \*23, 48, 73, 98 |  |  |  |  | 0,012 | 0,1 | 0,01 | 0,1 |
| \*24, 49, 74, 99 |  |  |  |  | 0,04 | 0,08 | 0,06 | 0,003 |
| \*25, 50, 75, 00 |  |  |  |  | 0,02 | 0,10 | 0,08 | 0,001 |

\*В реакции участвуют H+ и H2O.

**РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Борщевский А.Я., Физическая химия. Том 1: Общая химическая термодинамика– Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2023.
2. Основы физической химии. В 2 ч : учебник / В. В. Еремин, С. И. Каргов, И. А. Успенская [и др.]. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Лаборатория знаний, 2019. — 625 с.

(https://e.lanbook.com/book/116100)

1. *Свиридов В.В., Свиридов А.В.* Физическая химия. – СПБ.:Лань, 2016

(<https://e.lanbook.com/book/87726?category_pk=3864#book_name>)

1. *Буданов В.В., Максимов А.И.* Химическая термодинамика. – СПБ.: Лань, 2017

(<https://e.lanbook.com/book/89932?category_pk=3864#book_name>)

1. *Буданов В.В., Ломова Т.Н., Рыбкин В.В.* Химическая кинетика. – СПБ.: Лань, 2014

(<https://e.lanbook.com/book/42196?category_pk=3864#book_name>)

1. *Брянский Б.Я.* Лекции по химической термодинамике. Учебное пособие. – Вузовское образование, 2017

(<http://www.iprbookshop.ru/66634.html>)

1. *Брянский Б.Я.* Лекции по химической кинетике. Учебное пособие. – Вузовское образование, 2017

(<http://www.iprbookshop.ru/66633.html>)

1. *Брянский Б.Я.* Основы термодинамики и кинетики химических реакций. Учебное пособие. – Вузовское образование, 2017

(<http://www.iprbookshop.ru/66637.html>)

1. *Брянский Б.Я.* Лекции по электрохимии. Учебное пособие для классического университета. – Вузовское образование, 2017

(<http://www.iprbookshop.ru/66635.html>)

1. *Васюкова А.Н., Задачина О.П., Насонова Н.В., Перепёлкина Л.И.* Типовые расчеты по физической и коллоидной химии. – СПб.: Лань, 2014

(<https://e.lanbook.com/book/45679?category_pk=3864#book_name>)

1. *Гамеева О.С.* Сборник задач и упражнений по физической и коллоидной химии. – СПб.: Лань, 2017

(<https://e.lanbook.com/book/92621>)

1. *Колпакова Н.А., Романенко С.В., Колпаков В.А.* Сборник задач по химической кинетике: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2018

(<https://e.lanbook.com/book/105991?category_pk=3864#book_name>)

1. *Стась Н.Ф.* Справочник по общей и неорганической химии. Учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2014

(<http://www.iprbookshop.ru/34718.html>)