

В.В. Меньшиков

ЗАДАЧИ
ПО ФИЗИЧЕСКОЙ И КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**

**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

В.В. Меньшиков

**ЗАДАЧИ
ПО ФИЗИЧЕСКОЙ И КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ**

УЧЕБНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Челябинск
2024

УДК 541.1(076)(021)

ББК 24.5я73

М 51

Меньшиков, В.В. Задачи по физической и коллоидной химии: учебно-практическое пособие / В.В. Меньшиков; Министерство просвещения Российской Федерации, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет. – Челябинск: Изд-во ЮУрГГПУ, 2024. – 173 с. – Текст: непосредственный. – ISBN 978-5-907869-65-3.

Пособие содержит задачи с решением по всем основным разделам физической и коллоидной химии. Для самостоятельной работы студентов по дисциплине предлагаются задачи разного уровня сложности; для теоретической подготовки к лекциям и аудиторным занятиям – тестовые задания с выбором ответа. Для расчетов приведены необходимые сведения справочного характера.

Пособие предназначено для методического обеспечения лабораторных занятий по физической и коллоидной химии основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленность Биология. Химия (уровень образования бакалавр).

Издание поможет учителям химии при проведении уроков, факультативных занятий; будет полезно учителям, работающим в классах с углубленным изучением химии, так как содержит задачи разного уровня сложности.

Рецензенты: Бирюков А.И, канд. хим. наук, доцент

Сутягин А.А., канд. хим. наук, доцент

ISBN 978-5-907869-65-3

© Меньшиков В.В., 2024
© Издательство Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета, 2024

ВВЕДЕНИЕ

Процесс изучения физической химии состоит не только из прослушивания лекционного материала и решения задач на аудиторных занятиях, но и проведения экспериментальных и расчетных работ. В связи с двукратным уменьшением количества часов аудиторного преподавания физической и коллоидной химии в настоящее время большая роль отводится самостоятельной работе студентов. Как показывает многолетний опыт преподавания в педагогическом вузе, самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала очень сложна. Не всегда, даже после изучения теоретического материала, студент может ответить на вопросы, поставленные преподавателем. Это обусловлено тем, что без хорошей подготовки по математике и физике сложно понять, как именно, с привлечением каких понятий и законов необходимо отвечать на заданные вопросы. В данном пособии представлен большой набор задач с подробным разбором по всем изучаемым темам курса физической и коллоидной химии (химическая термодинамика, химическая кинетика, катализ; адсорбция; фазовые равновесия и учение о растворах; электрохимия; коллоидная химия) и необходимые для расчетов сведения справочного характера. Для закрепления, расширения и углубления знаний после каждой темы предлагается комплект разнообразных задач для самостоятельной подготовки к лабораторным занятиям.

Материал всего курса физической и коллоидной химии дается в виде решенных задач, в которых имеются ответы на наиболее часто задаваемые вопросы в ходе различных опросов на аудиторных занятиях, зачетах, контрольных работах, экзаменах. Такой способ изложения материала известен давно, например, в общей и неорганической химии, изучаемых на начальных курсах и, в частности, успешно использован в работе в предыдущие годы: при преподавании физической и коллоидной химии теоретический материал дополнительно рассматривался и закреплялся в ходе решения задач по термодинамике, кинетике, электрохимии и коллоидной химии.

Материал, представленный в пособии, базируется на изучаемом лекционном курсе и был подобран с использованием широкого круга научной, учебной, справочной литературы. Такой подход позволит студентам углубить и расширить свои знания по изучаемой дисциплине, успешно освоить материал и хорошо подготовиться к аттестации – тестам или экзаменам.

В пособие включены тестовые задания с выбором ответа для теоретической подготовки к лекциям и аудиторным занятиям.

Банк тестов, содержащий более 600 заданий по всем разделам курса, предназначен для самоконтроля усвоения материала, проводимого студентами в ходе изучения

дисциплины. В тестовых заданиях используются общепринятые термины и символы, употребляемые при изучении данного курса и поэтому не нуждающиеся в пояснениях.

Самостоятельная работа студентов бакалавриата является одним из наиболее важных компонентов профессиональной подготовки, ибо закрепиться и развиться могут лишь те знания и навыки, которые были получены и, главное, закреплены путем упорного самостоятельного труда. Самостоятельная работа студентов – это работа, которая выполняется без непосредственного участия преподавателя, но по его заданию и в специально отведенное для этого время.

Учебное пособие может быть использовано на занятиях по профилю подготовки магистратуры «Естественно-географическое образование» для дополнительной подготовки при изучении ряда дисциплин и учителями для организации внеурочной работы обучающихся.

ВЕЛИЧИНЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ

При решении задач в физической и коллоидной химии используют параметры, характеризующие состояние систем и химических реакций с помощью различных величин (температура, давление, объем и т.д.), приведенных в таблицах 1–4.

Таблица 1 – Величины системы единиц (СИ) [3]

Наименование величины	Символ	Единица	
		наименование	обозначение
Длина	l	метр	м
Время	t	секунда	с
Количество вещества	n	моль	моль
Масса	m	килограмм	кг
Термодинамическая температура	T	кельвин	К
Электрический ток	I	ампер	А

Таблица 2 – Производные величин системы единиц (СИ) [3]

Наименование величины	Символ	Единица	
		наименование	обозначение
Давление	P (p)	паскаль	Дж/м ³
Проводимость	G	сименс	S (A/B)
Сила	F	ньютон	Дж/м = (N)
Электрический заряд	Q (q)	кулон	(Кл·с)
Энергия	E (U)	джоуль	Дж

Таблица 3 – Фундаментальные константы [3]

Наименование величины	Символ	Единица	
		значение	обозначение
Газовая константа (универсальная)	$R = N_A \cdot k_B$	8,314	Дж/К·моль
Заряд протона и заряд электрона	e	$1,60 \cdot 10^{-19}$	Кл
Диэлектрическая проницаемость вакуума	ϵ_0	$8,854 \cdot 10^{-12}$	Ф/м
Константа Авогадро	N_A	$6,022 \cdot 10^{23}$	1/моль
Константа Больцмана	k_B	$1,380 \cdot 10^{-23}$	Дж/К·моль
Калория термохимическая	кал	4,184	Дж
Константа Фарадея	$F = N_A \cdot e$	$9,648 \cdot 10^4$	Кл/моль

Таблица 4 – Различные физические величины [3]

Наименование величины	Символ	Обозначение
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Адсорбция (поверхностный избыток)	Г	моль/м ²
Активность	a	–
Время процесса	τ (t)	час, мин, с
Вязкость	η	Па·с
Гиббса функция	G	Дж
Зарядовое число иона	z	–
Константа Генри	K _S	моль/дм ³ ·Па
Константа криоскопическая	K _{кр}	К/кг
Константа равновесия	K _p , K _c	–
Константа скорости реакции	k	–
Константа эбулеоскопическая	K _{эб}	К/кг
Коэффициент активности	γ (i)	–
Коэффициент диффузии	D	м ² /с
Мольная доля	χ	–
Моляльная концентрация	C _m	моль/кг
Молярная концентрация	C _M	моль/м ³
Молярная масса	M	кг/моль
Молярный объем (22,4 н. у.)	V _m	л/моль
Осмотическое давление	π	Па
Плотность среды (вещества)	ρ (d)	кг/м ³
Площадь	A	м ²
Потенциал электрода	φ	В
Проводимость дисперсной среды	K _T	См/м
Работа	W	Дж
Теплоемкость изобарная	C _p	Дж/К
Теплоемкость изохорная	C _v	Дж/К
Теплота	Q (q)	Дж
Ускорение свободного падения	g	м/с ²
Электропроводность удельная	κ	1/Ом·м
Электропроводность эквивалентная	Λ, λ	См·м ² /Г-ЭКВ
Энергия активации	E _a	Дж

1	2	3
Электрокинетический (дзета) потенциал	ζ	В
Энергия Гиббса стандартная молярная	$\Delta G^{\circ m}$	Дж/моль
Энтальпия	H	Дж
Энтальпия стандартная молярная	$\Delta H^{\circ m}$	Дж/моль
Энтропия	S	Дж/К
Энтропия стандартная молярная	$\Delta S^{\circ m}$	Дж/К·моль

Физические и термодинамические состояния

Физическое состояние вещества определяется его физическими свойствами – это свойство, которое проявляется без каких-либо изменений в составе. Общие физические свойства включают цвет, плотность, пластичность, электропроводность, массу, объем и многие другие.

При описании газов важны 4 основных физических свойства: объем, давление, температура и количество вещества (табл. 5).

Таблица 5 – Физические и термодинамические состояния для газов [3]

Наименование величины	Символ	Единица измерения СИ	Объяснение
Объем	V	м ³	Объем пространства, занимаемого газом
Давление	p	Па (Н·м ⁻²)	Сила, оказываемая молекулами газа в сосуде на единицу площади из-за столкновения молекул со стенками
Температура	T	К	Температура газа
Количество вещества	n	моль	Количество атомов или молекул газа в сосуде

Преобразование единиц измерения

Для обозначения объема в лабораториях используются единицы миллилитр (мл) и литр (л). Они соответствуют кубическому сантиметру (см³) и кубическому дециметру (дм³). Общепринятые единицы измерения, используемые для измерения объема, приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Преобразование единиц измерения объема [3]

Наименование	Русское обозначение	Соотношение с единицей СИ
Кубический метр	м ³	–
Кубический дециметр	дм ³	1 дм ³ = 1·10 ⁻³ м
Литр	л	1 л = 1·10 ⁻³ м
Кубический сантиметр	см ³	1 см ³ = 1·10 ⁻⁶ м
Миллилитр	мл	1 мл = 1·10 ⁻⁶ м

Для измерения давления существует множество различных единиц измерения. Атмосферное давление удобно представлять в виде 1 атмосферы (атм), которая представляет собой давление, создаваемое столбиком ртути высотой 760 мм под действием силы тяжести. Однако, в зависимости от точных условий силы тяжести, 1 мм рт. ст. может незначительно отличаться. Торр определяется точно как 1/760 атмосферы. Бар определяется в паскалях и является стандартным давлением для представления данных. Единицы измерения, используемые для измерения давления, и их взаимное преобразование приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Преобразование единиц измерения давления [3]

Наименование	Символ	Соотношение с единицей СИ
Паскаль	Па	–
Бар	бар	1 бар = $1 \cdot 10^5$ Па
Атмосфера	атм	1 атм = $1,01325 \cdot 10^5$ Па
Торр	торр	1 торр = 1/760 атм = 133,322 Па
Миллиметр ртутного столба	мм рт.ст.	1 мм рт.ст. = 133,322 Па

Температура обычно измеряется в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$), вода замерзает при 0°C и кипит при 100°C . Шкала Кельвина имеет тоже единичное приращение, что и шкала Цельсия, за исключением того, что абсолютный ноль установлен в качестве нулевой точки (0 K), так что температура не может принимать отрицательных значений (табл. 8).

Таблица 8 – Преобразование единиц измерения температуры [3]

Наименование	Символ	Соотношение с единицей СИ
Кельвин	К	–
Градусы по Цельсию	$^{\circ}\text{C}$	$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273,15$

Большинство термодинамических данных используются в двух наборах:

- нормальные условия (н. у.): температура 273,15 К и давление 1 бар;
- стандартные условия (ст. усл.): температура 298,15 К и давление 1 бар.

Раздел 1. ТЕРМОХИМИЯ. ЗАКОНЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

1.1. Аудиторные задания по разделу 1

1.1.1. Задание к лабораторному занятию 1

1. Считая газ идеальным, рассчитать количество теплоты, необходимое для нагревания: 18 г гелия от 15 °С до 75 °С в изохорном процессе и 10 г азота от 50 °С до 200 °С в изобарном процессе.

2. Рассчитать количество теплоты в кДж, необходимое для нагревания:

а) 0,27 кг гидроксида натрия от 15 °С до 85 °С, если зависимость молярной теплоемкости вещества от температуры имеет вид: $C = 7,34 + 0,125 T + 13,4 \cdot 10^{-5} T^{-2}$;

б) 0,18 кг газообразного метанола от 30 °С до 60 °С, если зависимость молярной теплоемкости вещества от температуры имеет вид: $C = 15,3 + 0,105 T - 3,1 \cdot 10^{-5} T^2$.

1.1.2. Задание к лабораторному занятию 2

1. Определить работу изотермического расширения водорода, если удельный объем газа меняется от 0,8 л/г до 1,2 л/г при температуре 280 °С и массе газа 4,5 г.

2. Определить работу адиабатического расширения газа (считая его идеальным), если имеется 12 г кислорода, изменяющего температуру от 150 °С до 25 °С.

3. Определить теплоту, затраченную на изохорное нагревание газа, и изменение внутренней энергии, если 15 л кислорода меняют температуру от 0 °С до + 300 °С.

4. Определить работу расширения газа, нагреваемого при постоянном давлении, а также изменение внутренней энергии, если удельный объем газа меняется от 0,6 л/г до 1,6 л/г, масса газа равна 6 г, молярная масса равна 4, величина давления равна 100 кПа.

5. Теплота испарения этанола при давлении 100 кПа составляет 42 кДж/моль. Найти изменение внутренней энергии и энтальпии при испарении спирта массой 40 г:

а) с образованием пара с удельным объемом 0,5 л/г;

б) с образованием пара, обладающего свойствами идеального газа. Объемом жидкости пренебречь.

1.2. Задачи и решение

1. В цилиндре, закрытом подвижным поршнем, находится газ, занимающий объем 2 л, в то время как внешнее давление составляет 0,9 бар, а масса, находящаяся на поршне, оказывает на этот газ дополнительное давление в 1,5 бар. Конечный объем равен 1 л. Что произойдет, если удалить эту массу? Рассчитайте работу, произведенную системой [1].

Решение

Освобожденный от давления, оказываемого массой, газ будет расширяться, то есть увеличивать свой объем, выталкивая поршень, до тех пор, пока давление в цилин-

дре не станет равным внешнему давлению. Газ произвел работу против внешнего давления. Давление, под которым работает газ, является постоянным и оказывает на поршень силу сопротивления F . Обозначим перемещение поршня на поверхность A , длину перемещения поршня $-l$, и тогда работа W , выполняемая против этой силы, равна (1.1):

$$W = F \cdot l = p \cdot l \cdot A. \quad (1.1)$$

Произведение $S \cdot d$ представляет собой увеличение ΔV объема, занимаемого газом, так что: $W = -p \cdot \Delta V$, где p – давление газа в цилиндре. Остается вычислить ΔV при постоянной температуре.

Известно начальное значение давления p_1 ($p_1 = 0,9 \text{ бар} + 1,5 \text{ бар} = 2,4 \text{ бар}$) и начальный объем V_1 ($V_1 = 2 \text{ л}$); также известно конечное давление p_2 ($p_2 = 0,9 \text{ бар}$).

Конечный объем равен $V_2 = \frac{p_1 \cdot V_1}{p_2} = 5,3 \text{ л}$ и $\Delta V = V_2 - V_1 = 3,3 \text{ л}$.

Чтобы выразить работу в джоулях, мы должны выразить давление в паскалях, а объем – в м^3 :

$$W = -p \cdot \Delta V = 9 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = -2,97 \cdot 10^2 \text{ Дж}.$$

Работа совершается за счет расширения газа.

2. Газообразный азот (N_2) сжимается обратимо и адиабатически, с $20,0 \text{ дм}^3$ до $5,0 \text{ дм}^3$ при температуре 298 К . Предполагая идеальные условия, рассчитайте конечную температуру полученного азота N_2 (г).

Решение

Изохорная теплоемкость [6] находится по формуле (1.2):

$$\bar{C}_p - \bar{C}_v = R, \quad (1.2)$$

где R – универсальная газовая постоянная,

\bar{C}_p – теплоемкость изобарная,

\bar{C}_v – теплоемкость изохорная.

Используя приведенное значение в задаче, находим изменение внутренней энергии и работы по формуле (1.2):

$$dU = n \cdot C_v \cdot dT = \frac{5}{2} n \cdot R dT, \quad \delta W = -PdV = -\frac{n \cdot R \cdot T}{V} dV.$$

Для обратимого адиабатического сжатия изменение теплоты $\delta q = 0$, т. е., $dU = dW$.

Затем из универсального газового закона (1.3) находим в дифференциальной форме конечную температуру :

$$PV = n \cdot R \cdot T, \quad (1.3)$$

где P – давление,

V – объем газа,

n – количество вещества,

R – универсальная газовая постоянная,

T – температура.

$$\frac{5}{2} n \cdot R dT = -\frac{n \cdot R \cdot T}{V} dV, \quad \frac{5dT}{2T} = -\frac{dV}{V}, \quad \frac{5}{2} \ln \frac{T_2}{T_1} = -\ln \frac{V_2}{V_1}.$$

$$\ln \frac{T_2}{T_1} = -\frac{2}{5} \ln \frac{5,0}{20,0}, \quad T_2 = 519 \text{ К}.$$

3. Один моль этана при температуре 25 °С и давлении 1 атм нагревается до 1 200 °С при постоянном давлении. Предполагая идеальное поведение газа, рассчитайте значения W , Q , ΔU и ΔH для процесса при постоянном давлении и для процесса с постоянным объемом.

Решение

Для процесса при постоянном давлении учитываем, что молярная теплоемкость этана в указанном выше диапазоне температур определяется как уравнение через формулу (1.2):

$$\frac{C_p}{R} = 0,06436 + \left(2,137 \cdot 10^{-2} \frac{1}{K}\right) \cdot T - \left(8,263 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K^2}\right) \cdot T^2 + \left(1,024 \cdot 10^{-9} \frac{1}{K^3}\right) \cdot T^3.$$

В изобарных условиях находим изменение теплоты через изменение энтальпии (1.4 и 1.5):

$$Q_p = \Delta H, \quad (1.4)$$

где Q_p – тепловой эффект в изобарных условиях,

ΔH – тепловой эффект.

$$dH = \bar{C}_p \cdot dT, \quad (1.5)$$

где dH – тепловой эффект,

\bar{C}_p – теплоемкость изобарная,

T – температура.

Затем с учетом данных задачи находим $\Delta \bar{H}$:

$$\Delta \bar{H} = \int \bar{C}_p dT = R \left[0,06436T + \frac{1}{2} \left(2,137 \cdot 10^{-2} \frac{1}{K} \right) \cdot T^2 - \frac{1}{3} \left(8,263 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K^2} \right) \cdot T^3 + \frac{1}{4} \left(1,024 \cdot 10^{-9} \frac{1}{K^3} \right) \cdot T^4 \right] \Big|_{298}^{1473} = 122,9 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

Подставляем найденное значение \bar{H} в формулу (1.6) первого закона термодинамики:

$$\Delta \bar{H} = \Delta \bar{U} + P \Delta \bar{V} = \Delta \bar{U} + R \Delta T, \quad (1.6)$$

где $\Delta \bar{H}$ – тепловой эффект,

$\Delta \bar{U}$ – изменение внутренней энергии,

P – давление,

$\Delta \bar{V}$ – изменение объема,

R – универсальная газовая постоянная,

ΔT – изменение температуры.

Из формулы (1.6) находим изменение внутренней энергии $\Delta \bar{U}$ [10]:

$$\Delta \bar{U} = 122,9 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} - \left(8,314 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \cdot \text{К} \right) \cdot (1473 \text{ К} - 298 \text{ К}) = 113,1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

Используя другое выражение первого закона термодинамики (1.7):

$$\Delta U = Q + W \quad (1.7)$$

где ΔU – изменение внутренней энергии,

Q – тепловой эффект,

W – работа,

находим работу:

$$W = \Delta \bar{U} - Q = 113,1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} - 122,9 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} = -9,8 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

Для процесса с постоянным объемом $W = 0$ и $\Delta \bar{U} = Q$.

Значение $\Delta \bar{H}$ такое же, как и в предыдущей ситуации, поэтому $\Delta \bar{H} = 122,9 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

Если газ ведет себя идеально, то по формуле (1.5) находим

$$\Delta \bar{U} = 122,9 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} - (8,314 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кДж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}) \cdot (1\,473 \text{ К} - 298 \text{ К}) = 113,1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

Значение $\Delta \bar{U}$ такое же, как и в предыдущей ситуации, поскольку U зависит только от температуры идеального газа.

4. Значение изменения энтальпии $\Delta_r H^\circ$ при 25 °С и давлении в 1 бар равно +290,8 кДж для реакции $2\text{ZnO(тв.)} + 2\text{S(тв.)} \rightarrow 2\text{ZnS(тв.)} + \text{O}_2(\text{г})$.

Предполагая идеальное поведение веществ при стандартных условиях, рассчитайте значение $\Delta_r U^\circ$ для этой реакции [11].

Решение

Поскольку оба реагента твердые и имеют объем (V) намного меньше, чем газ, принимаем их объем равным 0. Конечный объем будет зависеть только от количества присутствующего кислорода; предполагаем, что он ведет себя как идеальный газ. Для идеального газа используем уравнение (1.3) и находим:

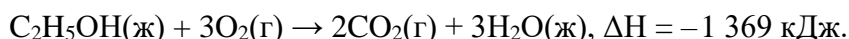
$$PV = n \cdot R \cdot T, \quad V_1 \approx \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{1 \text{ моль} \cdot 8,314 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кДж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 298 \text{ К}}{1 \text{ бар}} = 24,78 \text{ дм}^3.$$

Изменение объема в реакции можно найти из формулы (1.7) первого закона:

$$\Delta_r U^\circ = \Delta_r H^\circ - P\Delta V = 290,8 \text{ кДж} - (1 \text{ бар}) \cdot (24,776 \text{ дм}^3) \cdot \frac{1}{10} \left(\frac{\text{кДж}}{\text{дм}^3 \cdot \text{бар}} \right) = 288,3 \text{ кДж}.$$

5. Когда 1 моль жидкого этилового спирта полностью сгорает в кислороде при температуре 18 °С и постоянном давлении с образованием газообразного диоксида углерода и жидкой воды, выделяемое тепло составляет 1 369 кДж. Рассчитайте теплоту, выделяемую при постоянном объеме при температуре 18 °С.

Решение



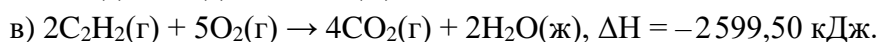
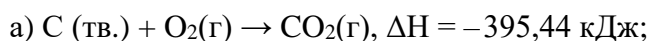
Для газообразных $n_{\text{исх.}} = 3$; $n_{\text{прод.}} = 2$; $\Delta n = (n_{\text{прод.}} - n_{\text{исх.}}) = -1$.

$$T = (273 + 18) = 291 \text{ К}.$$

$$R = 8,314 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кДж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}.$$

$$\Delta E = -1\,369 - (8,34 \cdot 10^{-3} \cdot 291 \cdot (-1)) = -1\,366,6 \text{ кДж}.$$

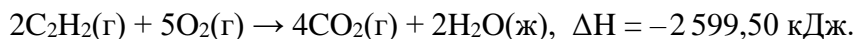
6. Найдите теплоту образования ацетилена при следующих данных [6]:



Решение

Прямое образование $4\text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O(ж)}$ приводит к изменению теплоты $\Delta H = (-4 \cdot 395,44 - 572,75) = -2\,154,53 \text{ кДж}.$

Непрямое образование $4\text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O(ж)}$:



По закону Гесса $x - 2599,50 = -2154,53$,

$x = -444,97$ кДж.

Теплота образования $C_2H_2 = -222,48$ кДж.

7. Теплота сгорания этана, этилена и водорода составляет $-1\,549,1$ кДж, $-1\,398,4$ кДж и $-2\,863,8$ кДж соответственно [7]. Найдите теплоту (изменение энтальпии) реакции $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$, $\Delta H = x$ кДж.

Решение

Этан: $C_2H_6(g) + \frac{7}{2}O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(ж)$, $\Delta H = -1\,549,1$ кДж.

Этилен: $C_2H_4(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(ж)$, $\Delta H = -1\,398,4$ кДж.

Водород: $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(ж)$, $\Delta H = -286,4$ кДж.

Прямое образование $2CO_2(g) + 3H_2O(ж)$ приводит к изменению температуры энтальпии реакции сгорания этилена и водорода: $\Delta H = -1\,684,7$ кДж.

Косвенно: $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$, $\Delta H = x$ кДж.

Тогда $C_2H_6(g) + \frac{7}{2}O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(ж)$, $\Delta H = -1\,549,1$ кДж.

По закону Гесса находим теплоту реакции, которая будет равна:

$x - 1\,549,1 = -1\,684,7$,

$x = -135,6$ кДж.

8. Найдите теплоту образования двойной углерод-углеродной связи по следующим данным [6]:

$2C(тв.) + 2H_2(g) \rightarrow H_2C=CH_2$, $\Delta H = -11,3$ кДж;

$C(тв.) \rightarrow C(g)$, $\Delta H = +628,0$ кДж;

$H_2(g) \rightarrow 2[H](g)$, $\Delta H = +432,49$ кДж;

$C(g) + [H](g) \rightarrow [C-H](g)$, $\Delta H = -393,5$ кДж;

$C(g) \rightarrow C(тв.)$, $\Delta H = -628,02$ кДж;

$2[H](g) \rightarrow H_2(g)$, $\Delta H = -432,49$ кДж.

Решение

$2C(тв.) + 4[H](g) \rightarrow 2C(тв.) + 2H_2(g)$,

$\Delta H = -(2 \cdot 628,0 + 2 \cdot 432,49) = -2\,121$ кДж.

$2C(g) + 4[H](g) \rightarrow H_2C=CH_2(g)$, $\Delta H = -(11,3 + 2121) = -2\,132,3$ кДж.

Но $H_2C=CH_2$ эквивалентно $4(C-H)$ связям и $1(C=C)$ связи.

$-2\,132,3 = [4 \cdot (-393,5) + x]$, где x – теплота образования связи двойной связи $C=C$ будет равна $x = (-2\,132,3 + 1\,574,2) = -558,1$ кДж.

9. Рассчитайте работу, затрачиваемую при обратимом сжатии одного моля идеального газа с $1,00$ Па до $5,00$ Па при постоянной температуре 300 К.

Решение

Используя уравнение идеального газа (1.3), находим $V_1 = \frac{n \cdot R \cdot T}{P_1}$ и $V_2 = \frac{n \cdot R \cdot T}{P_2}$ [10].

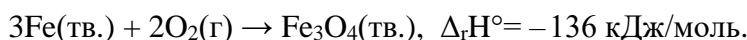
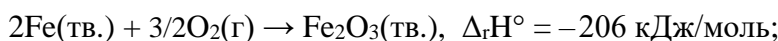
Поэтому мы можем написать $\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2}$.

Из первого закона термодинамики (1.7) с учетом уравнения (1.3) выведем интегральное уравнение (1.8) для расчета работы:

$$W = - \int p dV = - \int \frac{n \cdot R \cdot T}{V} dV, \quad (1.8)$$

$$W = - n \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} = - n \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{P_1}{P_2} = (-1 \text{ моль}) \cdot \left(8,315 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \right) \cdot (300 \text{ К}) \cdot \ln 0,2 = \\ = 4,01 \text{ кДж.}$$

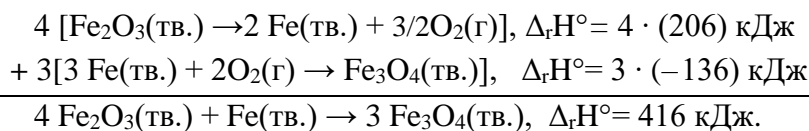
10. Известны значения энтальпий $\Delta_r H^\circ$ следующих реакций [6]:



Используйте эти данные для вычисления значения $\Delta_r H^\circ$ для реакции, описываемой следующим уравнением $4\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{тв.}) + \text{Fe(тв.)} \rightarrow 3\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{тв.})$.

Решение

Запишите задачу так, чтобы суммирование двух реакций дало желаемую реакцию, складывание значений энтальпий дало значение энтальпии новой реакции:



11. Рассчитайте величину ΔS , если один моль идеального газа обратимо и изотермически расширяется с $10,0 \text{ дм}^3$ до $20,0 \text{ дм}^3$. Объясните знак ΔS .

Решение

Для изотермической реакции идеального газа из первого закона термодинамики (1.7) можно вывести изменение теплоты $\delta W = -\delta Q$, поэтому $\delta Q = PdV$. Затем можно найти изменение энтропии по уравнению (1.9):

$$\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} = \int \frac{P dV}{T}. \quad (1.9)$$

Использование T из уравнения идеального газа (1.3) дает:

$$\Delta S = \int \frac{n \cdot R}{V} dV = n \cdot R \cdot \ln = 25,76 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}.$$

Поскольку газ расширяется, значение ΔS является положительным.

12. Справочное значение стандартной молярной энтропии метанола CH_3OH (ΔS_m) в жидком состоянии составляет $126,8 \text{ Дж/К} \cdot \text{ моль}$ при 298 К [6].

Определить:

- происхождение этого значения,
- величину энтропии метанола при 370 К .

Решение

Абсолютные энтропии можно вычислить, исходя из утверждения, что «при 0 К энтропия чистых тел равна нулю» (*третий принцип термодинамики*):

а) энтропия чистого тела при любой температуре T представляет собой сумму всех энтропийных членов в форме $\frac{C_p}{T} dT$ (нагрев) или $\frac{t}{T}$ (изменение состояния), кото-

рые необходимо учитывать между 0 К и Т, в зависимости от того, подвергается ли чистое тело воздействию или нет;

б) значения в таблицах соответствуют результату этого расчета, ограниченному 298 К. Но его можно продолжать до более высокой температуры по тому же принципу.

Для метанола, температура плавления которого составляет 175 К, указанное значение включает:

– изменение энтропии, соответствующее нагреванию 1 моля твердого вещества от 0 К до 175 К;

– изменение энтропии, связанное с его плавлением, при 175 К;

– изменение энтропии, связанное с нагревом жидкости от 175 К до 298 К.

Можно продолжить этот расчет и до 370 К.

Возникает вопрос: претерпевает ли метанол изменение своего состояния в температурном диапазоне 298–370 К?

Справочное значение температуры кипения метанола при 1 атм составляет 337,5 К [6]. Таким образом, расчет $S_{m, 370}^{\circ}$ будет состоять из трех слагаемых (1.10): нагрев жидкости до 337,5 К, испарение при 337,5 К и нагрев пара до 370 К.

$$S_{m, 370}^{\circ} = S_{m, 298}^{\circ} + \int_{298}^{337,5} \Delta C_{p, m (\text{жидк.})} \frac{dT}{T} + \frac{\Delta H_{\text{исп.}}^{\circ}}{T_{\text{кип.}}} + \int_{337,5}^{370} \Delta C_{\text{пар.}, m} \frac{dT}{T} \quad (1.10)$$

В рассматриваемом температурном интервале можно допустить, что молярная теплоемкость почти постоянна [6] и

$$C_{p, m (\text{жидк.})} = 81,6 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}; \Delta H_{\text{исп.}}^{\circ} = 35,3 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}; C_{p, m (\text{пар})} = 43,9 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}.$$

$$\text{После подстановки данных находим } S_{m, 370}^{\circ} = 245,6 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}.$$

Энтропия – единственная термодинамическая функция состояния, которой можно присвоить абсолютное значение. Энтальпия и свободная энтальпия известны только как различающиеся по значению в двух состояниях.

13. Молярная теплоемкость $\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ имеет приблизительно постоянное значение $C_p = 75,4 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ от 0 °С до 100 °С [6]. Вычислите значение ΔS , если два моля $\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ нагреть от 10 °С до 90 °С при постоянном давлении.

Решение

Из уравнения (1.9) находим изменение энтропии:

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{n \cdot \bar{C}_p}{T} dT = \int_{283\text{K}}^{363\text{K}} 2 \text{ моль} \cdot 75,4 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \frac{1}{T} dT = 150,8 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot \ln \frac{363}{283} \cdot 1 = 37,5 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}.$$

14. Рассчитайте значение ΔS , если один моль идеального газа обратимо и изотермически расширяется с 1,00 бар до 0,100 бар. Объясните значение ΔS .

Решение

Поскольку реакция изотермическая, из уравнения (1.5) находим, что $\delta Q = PdV$. Для идеального газа (1.7) в дифференциальной форме $dV = \frac{-n \cdot R \cdot T}{P^2} dP = -\frac{V}{P} dP$.

Изменение энтропии находим после интегрирования уравнения (1.9):

$$\Delta S = \int \frac{P}{T} dV = \int - \frac{V}{T} dP = \int - \frac{n \cdot R}{P} dP = n \cdot R \cdot \ln 0,1 = 19,1 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}.$$

Значение ΔS является положительным, поскольку газ расширяется.

15. Используйте справочные значения энтальпии и энтропии различных веществ при 25 °С, рассчитайте значение энтальпии и энтропии дикислорода при 110 °С под давлением 10 бар.

Решение

В справочнике [6] находим данные для дикислорода O_2 , который представляет собой простое вещество.

$$H_m^o(O_2, \text{газ}, 298 \text{ К}) = 0 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}},$$

$$S_m^o(O_2, \text{газ}, 298 \text{ К}) = 205 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}},$$

$$C_{p,m}^o(O_2, \text{газ}, 298 \text{ К}) = 29,4 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}.$$

При 110 °С молярная энтальпия газообразного дикислорода будет найдена из первого закона термодинамики (1.6) после интегрирования в зависимости от температуры:

$$H_m^o(O_2, \text{газ}, 298 \text{ К}) = 0 + \int_{298\text{К}}^{408\text{К}} C_{p,m}^o dT = 2,499 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}.$$

При 110 °С молярная энтропия газообразного дикислорода будет равна:

$$S_m^o(O_2, \text{г}, 408 \text{ К}) = 205 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} + \int \left[\frac{C_{p,m}^o}{T} \right] dT = [205 + 29,4 \ln \left(\frac{408}{298} \right)] \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} = 214,24 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}.$$

При 110 °С и давлении 10 бар:

$(H_m^o(O_2, \text{газ}, 408 \text{ К} \cdot 10 \cdot 10^5 \text{ Па}) = H_m^o(O_2, \text{газ}, 408 \text{ К}))$, потому что энтальпия идеального газа не изменяется в зависимости от давления.

При 110 °С и давлении 10 бар:

$$S_m^o(O_2, \text{газ}, 408 \text{ К} \cdot 10 \cdot 10^5 \text{ Па}) = S_m^o(O_2, \text{газ}, 408 \text{ К}) \int \left(\frac{V_m}{T} \right) dp.$$

Поскольку дикислород почти подчиняется закону идеального газа (1.7), то после интегрирования $\int \left(\frac{V_m}{T} \right) dp = \int R \ln \left(\frac{P}{P^o} \right)$, тогда:

$$S_m^o(O_2, \text{газ}, 408 \text{ К} \cdot 10 \cdot 10^5 \text{ Па}) = (9,24 + 0,27) \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} = 9,52 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}.$$

Раздел 2. РАСТВОРЫ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

2.1. Аудиторные задания по разделу 2

2.1.1. Задание к лабораторному занятию 3

1. Вычислить число степеней свободы (с указанием числа компонентов и числа фаз), величины K_p и K_c реакции с указанием единиц констант при следующих условиях: $ZnO(кр.) + 2HCl(г) = ZnCl_2(кр.) + H_2O(г)$, если давление HCl 1 кПа, давление паров воды 50 кПа, температура 250 °С.

2. Нарисовать и кратко описать диаграмму состояния двухкомпонентной системы с полной нерастворимостью компонентов в твердом состоянии и полной растворимостью в расплавленном. Сформулировать правило рычага.

3. Вычислить константы равновесия K_p и K_c , величину химического сродства и число степеней свободы системы: $2C(кр.) + 2H_2(г) = C_2H_4(г)$, если температура 620 °С, $P(водорода) = 50$ кПа, $P(этилена) = 35$ кПа.

4. Растворимости нитрата калия при 20 °С и 52 °С равны соответственно 32 г и 90 г на 100 г воды. Оценить теплоту растворения соли, выражая растворимость в мольных долях.

2.1.2. Задание к лабораторному занятию 4

1. Для 5 %-го раствора глюкозы рассчитать относительное понижение давления пара воды и понижение температуры замерзания, если $K_{криоск.}(воды) = 1,86$, плотность воды 970 кг/м³.

2. Оценить давление пара воды над 3 %-м раствором сахарозы, если давление пара над чистой водой равно 2,2 кПа.

3. Рассчитать изменения температур замерзания и кипения раствора 50 г стеариновой кислоты в 2 л бензола, если криоскопическая постоянная бензола 5,1, эбуллиоскопическая – 2,64.

4. Найти осмотические давления 1 %-го раствора глицерина при 20 °С и 2 %-го раствора сахарозы при 10 °С.

5. Рассчитать для 0,05 М раствора хлорида бария осмотическое давление при 15 °С, если степень диссоциации 0,9, а также вычислить степень диссоциации, если понижение температуры замерзания составило 0,26 градуса, а величина криоскопической постоянной воды равна 1,86.

2.1.3. Задание к лабораторному занятию 5

1. О растворе муравьиной кислоты известно следующее: концентрация 0,16 %, молярная электропроводимость при данной концентрации равна 0,0027 м²/Ом·моль, электрическая подвижность аниона – 0,006 м²/Ом·моль, электрическая подвижность катиона равна 0,035 м²/Ом·моль. Определить степень и константу диссоциации, удельную электропроводимость и рН среды.

2. Для 0,003 М раствора нитрата кальция рассчитать величину ионной силы, коэффициент активности, величину активности и толщину ионной атмосферы. Найти отношение толщины ионной атмосферы к радиусу молекул воды, считая, что последний равен $1,5 \cdot 10^{-10}$ м. Температуру считать комнатной.

3. Для раствора муравьиной кислоты имеются данные: $C = 0,3\%$, молярная электропроводность $0,002 \text{ м}^2/\text{Ом} \cdot \text{моль}$, подвижность катиона $0,035$, аниона – $0,006 \text{ м}^2/\text{Ом} \cdot \text{моль}$. Определить степень и константу диссоциации раствора, удельную электропроводность и рН среды.

4. Для 0,01 – 0,001 – 0,0001 М растворов хлорида натрия вычислить величины ионной силы, коэффициентов активности, активности и толщины ионных атмосфер. Построить график зависимости коэффициента активности от концентрации.

2.2. Задачи и решение

2.2.1. Фазовые равновесия. Растворы

16. Метан (CH_4) и бензол (C_6H_6) образуют идеальный разбавленный раствор. Давление чистого бензола составляет $P(\text{C}_6\text{H}_6) = 300$ торр при 298 К. Константа Генри (из закона) растворенного вещества (метана) равна $K(\text{CH}_4) = 4,27 \cdot 10^{-4}$ торр при 298 К [6].

Если молярная доля CH_4 в жидкой фазе равна $x(\text{CH}_4) = 1,01 \cdot 10^{-2}$, найдите:

- парциальное давление CH_4 при 298 К,
- парциальное давление C_6H_6 ,
- молярную долю CH_4 в газовой фазе.

Решение

Используем для решения закон Генри [7] (2.1):

$$S = K \cdot P, \quad (2.1)$$

где S – растворимость газа в жидкости,

K – константа Генри,

P – давление газа,

и закон Рауля [7] (2.2):

$$P \text{ раствора} = \chi \cdot P^0, \quad (2.2)$$

где P раствора – давление паров раствора,

χ – мольная доля растворителя,

P^0 растворителя – давление паров чистого растворителя.

Для дальнейшего решения используем следующие газовые законы:

а) из закона Генри:

$$P(\text{CH}_4) = \chi(\text{CH}_4) \cdot K(\text{CH}_4) = 1,01 \cdot 10^{-2} \cdot K(\text{CH}_4) = 4,27 \cdot 10^4 = 431,27 \text{ торр};$$

б) растворитель подчиняется закону Рауля:

$$P(\text{C}_6\text{H}_6) = \chi(\text{C}_6\text{H}_6) \cdot P^0(\text{C}_6\text{H}_6) = (1 - 1,01 \cdot 10^{-2}) \cdot 300 \text{ торр} = 296,97 \text{ торр};$$

в) предполагая идеальное поведение в газовой фазе,

$$\chi(\text{CH}_4) = \frac{P(\text{CH}_4)}{[P(\text{CH}_4) + P(\text{C}_6\text{H}_6)]} = \frac{431,27}{(431,27 + 296,97)} = 0,529.$$

17. Молярная энтальпия испарения воды составляет 40,65 кДж/моль при нормальной температуре кипения. Используйте уравнение Клаузиуса – Клапейрона для расчета давления паров воды при температуре 110 °С. Экспериментальное значение составляет 1 075 мм рт.ст.

Решение

Предполагая, что $\Delta H_{\text{парообр.}}$ остается постоянным по отношению к температуре в этом десятиградусном температурном диапазоне [7], мы можем использовать уравнение (2.3):

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta H}{R} \left(\frac{T_2 - T_1}{T_2 \cdot T_1} \right), \quad (2.3)$$

где P_1 и P_2 – начальное и конечное давление,

ΔH – энтальпия,

R – универсальная газовая постоянная,

T_1 и T_2 – начальная и конечная температура.

$$\ln \frac{P_2}{1 \text{ атм}} = \frac{40650}{8,314} \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{моль}}}{\frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \cdot \text{К}} \cdot \left(\frac{10}{373,15 \cdot 383,15} \text{К} \right), \quad \ln \frac{P_2}{1 \text{ атм}} = 0,342.$$

$$P_2 = 1,408 \text{ атм} = 1 \text{ 070 мм рт.ст.}$$

18. Давление паров твердого и жидкого хлора определяется по формулам

$$\left(\ln \frac{P_{\text{тв.}}}{\text{мм рт.ст.}} \right) = 24,320 - \frac{3 \text{ 777К}}{T} \quad \text{и} \quad \left(\ln \frac{P_{\text{ж.}}}{\text{мм рт.ст.}} \right) = 17,892 - \frac{2 \text{ 669}}{T} \text{К}.$$

Рассчитайте температуру и давление в тройной точке хлора.

Решение

В тройной точке два уравнения для давления пара должны быть эквивалентны, поскольку твердое вещество и жидкость сосуществуют, поэтому приравняем эти уравнения и находим значение тройной точки:

$$24,320 - \frac{3777}{T} \text{К} = 17,892 - \frac{2 \text{ 669}}{T} \text{К},$$

$$(24,320 - 17,892) T = -2 \text{ 669 К} + 3 \text{ 777 К}.$$

$$T \text{ тр. точка} = 172,4 \text{ К}.$$

Можно проверить это, подставив полученное значение температуры в оба выражения, и мы найдем, что $\ln(P_{\text{тв.}}) = \ln(P_{\text{ж.}}) = 2,41$ мм рт.ст., тогда в тройной точке $P = 11,1$ мм рт.ст.

19. Плотность водного раствора глицерина, содержащего 40,0 % глицерина по массе, составляет 1,101 г/мл при 20 °С. Рассчитайте молярность глицерина (M) в растворе при 20 °С. Рассчитайте моляльность при 0 °С.

Расчет ведем по формулам – молярность C_M (2.4), моляльность – C_m (или m) (2.5):

$$C_M = \frac{n}{V}, \quad (2.4)$$

где n – количество молей растворенного вещества,

V – объем раствора;

$$C_m = \frac{m_B \cdot 1000}{M_B \cdot m}, \quad (2.5)$$

где m_B – масса растворенного вещества,

M_B – молярная масса растворенного вещества,

m – масса растворителя.

Решение

Масса глицерина в 1 мл раствора (плотность) равна:

$$\rho = (0,400) \cdot (1,101 \frac{\text{г}}{\text{мл}}) = 0,4404 \frac{\text{г}}{\text{мл}}.$$

Количество молей глицерина на литр раствора, молярность, равна:

$$C_M = \frac{440,4 \frac{\text{г}}{\text{л}}}{92,093 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 4,78 \frac{\text{моль}}{\text{л}}.$$

Количество граммов воды на 0,4404 г глицерина:

1,101 г – 0,4404 г = 0,6606 г или 0,4404 г глицерина на 0,6606 г H₂O, или 0,6666 г глицерина на 1 г H₂O. Поэтому молярная концентрация C_M равна:

$$C_M = \frac{m}{M} = \frac{666,6 \frac{\text{г}}{\text{кг}}}{92,093 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 7,24 \frac{\text{моль}}{\text{кг}}.$$

20. Давление насыщающего пара p жидкости и температура T связаны уравнением Клаузиуса – Клапейрона (2.3), в котором $\Delta H_{\text{кип}}^0$ – молярная энтальпия испарения (предположительно независимая от температуры), а T – температура.

Ответьте на следующие вопросы:

а) что представляет собой давление p^0 ?

б) каково давление в системе охлаждения автомобильного двигателя, когда температура воды в нем достигает 105 °С?

в) если клапан кастрюли высокого давления должен открываться, когда избыточное давление внутри достигает 0,5 бар, какой максимальной температуры может достигать вода в ней?

г) газообразный аммиак NH₃ в обычных условиях продается сжиженным в стальных баллонах. Каково давление в этих баллонах при температуре 20 °С?

Примечание. Для числовых приложений: $\Delta H_{\text{кип}}^0$ должен быть выражен в Дж/моль, тогда как в термодинамических таблицах это обычно указывается в кДж/моль.

Ответ

Для решения используем уравнение Клаузиуса – Клапейрона (2.3):

а) если $T = T_{\text{кип}}$, то мы находим в $\ln\left[\frac{p}{p^0}\right] = 0$, следовательно, $\frac{p}{p^0} = 1$. Это может быть только исходное давление, поскольку $T_{\text{кип}}$ – это нормальная температура кипения. В данном случае $p^0 = 101\,325$ Па;

б) решая уравнение, находим, что давление будет в 1,2 бар, что на 0,2 бар превышает внешнее давление;

в) вода может нагреться на 111 °С в кастрюле (скороварке);

г) давление в баллонах с аммиаком равно 8,6 бар.

2.2.2. Коллигативные свойства растворов

21. Рассчитайте значение постоянной понижения температуры замерзания для нитробензола, температура замерзания которого составляет 5,7 °С, а молярная энтальпия плавления – 11,59 кДж/моль.

Решение

Расчет проводим по формуле (2.6) [7]:

$$K_{\text{КР}} = \frac{M \text{ г/моль}}{1000 \text{ г/кг}} \cdot \left(\frac{RT^2}{\Delta H_{\text{плавл.}}} \right), \quad (2.6)$$

где $K_{\text{КР}}$ – криоскопическая постоянная,

M – молярная масса,

R – универсальная газовая постоянная,

T – температура,

$\Delta H_{\text{плавл.}}$ – изменение энтальпии плавления.

$$K_{\text{КР}} = \frac{M \text{ г/моль}}{1000 \text{ г/кг}} \cdot \left(\frac{RT^2}{\Delta H_{\text{плавл.}}} \right) = \left(\frac{M \text{ г/моль}}{1000 \text{ г/кг}} \right) \cdot \left(\frac{8,314 \cdot 278,9 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \right)}{11,59 \cdot 1000 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}} \right) = 6,87 \frac{\text{К} \cdot \text{кг}}{\text{моль}}$$

22. Раствор, содержащий 1,470 г дихлорбензола в 50,00 г бензола, кипит при температуре 80,60 °С при давлении 1,00 бар. Температура кипения чистого бензола составляет 80,09 °С, а молярная энтальпия испарения чистого бензола составляет 32,0 кДж/моль [6]. Определите молекулярную массу дихлорбензола по этим данным.

Решение

Расчет проводим по формуле (2.7.) [7]:

$$K_{\text{Эб}} = \frac{M \text{ г/моль}}{1000 \text{ г/кг}} \cdot \left(\frac{RT^2}{\Delta H_{\text{кип.}}} \right), \quad (2.7)$$

где $K_{\text{Эб}}$ – эбулеоскопическая постоянная,

M – молярная масса,

R – универсальная газовая постоянная,

T – температура,

$\Delta H_{\text{кип.}}$ – изменение энтальпии кипения.

$$\Delta T_{\text{кип.}} = 80,60 \text{ °С} - 80,09 \text{ °С} = 0,51 \text{ °С} = 0,51 \text{ °С}.$$

$$K_{\text{Эб}} = \frac{78,108 \cdot 8,314 \cdot 353,2}{2 \cdot 100 \cdot 32,0 \cdot 1000} \frac{\left(\frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \cdot \text{К} \right)}{(\text{г/кг})(\text{Дж/моль})} = 2,53 \frac{\text{К} \cdot \text{кг}}{\text{моль}}$$

Моляльность можно определять по формуле (2.8):

$$m = \frac{\Delta T_{\text{кип.}}}{K_{\text{Эб}}}, \quad (2.8)$$

где m – моляльность,

$\Delta T_{\text{кип.}}$ – изменение температуры кипения,

$K_{\text{Эб}}$ – эбулеоскопическая постоянная.

$$m = \frac{0,51 \text{ К}}{2,53 \text{ К} \cdot \text{кг/моль}} = 0,20 \frac{\text{моль}}{\text{кг}}$$

Следовательно, $1,470 \text{ г } \text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2 \leftrightarrow 50,0 \text{ г } \text{C}_6\text{H}_6$,
 $29,4 \text{ г } \text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2 \leftrightarrow 1000 \text{ г } \text{C}_6\text{H}_6 \leftrightarrow 0,20 \text{ моль}$.
 И тогда молярная масса дихлорбензола равна $M = 147 \text{ г/моль}$.

23. Когда $0,692 \text{ г}$ растворенного вещества с молекулярной массой 152 растворяли в $31,4 \text{ г}$ ацетона, было обнаружено, что смесь с ацетоном кипит при температуре $56,55 \text{ }^\circ\text{C}$. Если температура кипения чистого ацетона составляет $56,30 \text{ }^\circ\text{C}$, рассчитайте значение $K_{\text{эб}}$ (на 1000 г) для ацетона.

Примечание: В данном случае K определяется как повышение концентрации, получаемое при растворении M граммов растворенного вещества в 1000 г растворителя [11].

Решение

Для расчета используем формулу (2.7).

$$K = \frac{M \cdot W_1 \cdot \Delta t}{1000 \cdot W} = \frac{152 \cdot 31,4 \cdot (56,55 - 56,30)}{1000 \cdot 0,692} = 1,724 \text{ }^\circ\text{C}.$$

24. Температура кипения раствора, содержащего $0,2 \text{ г}$ углеводорода в 20 г эфира, на $0,169 \text{ }^\circ\text{C}$ выше, чем у чистого эфира. $K_{\text{эб}} = 21,6$. Рассчитайте молярную массу углеводорода.

Решение

Для расчета используем формулу (2.7).

$$M = \frac{K \cdot 100 \cdot W_2}{(W_1 \cdot \Delta t)} = \frac{21,6 \cdot 100 \cdot 0,2}{20 \cdot 0,169} = 127,81 \frac{\text{г}}{\text{моль}}.$$

$$\frac{4,620 - 4,551}{4,620} = \frac{50 \cdot 1000}{M_2 \cdot 18}.$$

Из уравнения находим $M_2 = 60,1 \text{ г/моль}$ (мочевина?).

25. Давление паров воды при $0 \text{ }^\circ\text{C}$ составляет $4,620 \text{ мм}$. При той же температуре раствор, содержащий 50 г твердого органического вещества в 1000 г воды, имеет давление паров $4,551 \text{ мм}$. Найдите молярную массу твердого вещества.

Решение

Поскольку раствор является сильно разбавленным, можно использовать видоизмененную формулу уравнения Рауля (2.2) [7]:

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{W_2 \cdot M_2}{M_1 \cdot W_1},$$

$$\frac{4,620 - 4,551}{4,620} = \frac{50}{M_2 \cdot 18 / 1000}.$$

Из уравнения находим $M_2 = 60,1 \text{ г/моль}$ (мочевина?).

26. Раствор сульфата меди (II) имеет концентрацию $15,95 \text{ г/дм}^3$. 25 мл этого раствора, смешанного с 25 мл нашатырного спирта, взболтали с 75 мл хлороформа. Удалили аликвоту (50 мл) хлороформного слоя, и для его нейтрализации потребовалось 12,8 мл 10 %-й соляной кислоты. Для нейтрализации 20 мл водного слоя требуется 16,7 мл соляной кислоты. (Соотношение содержания аммиака в воде и хлороформе = 25.) Раствор, содержащий 15,95 г сульфата меди на литр, содержит его $\frac{1 \text{ моль}}{10 \text{ л}}$. Установите формулу медного иона.

Решение

Используем формулу (2.4) для определения количества:

$$\text{а) аммиака в слое хлороформа} = \frac{12,8}{50} \cdot \frac{1}{10} = 0,0256 \frac{\text{моль}}{\text{л}};$$

$$\text{б) «свободного» аммиака в водном слое} = 0,0256 \cdot 25 = 0,6400 \frac{\text{моль}}{\text{л}};$$

$$\text{в) общего содержания аммиака в водном слое} = \frac{16,7}{20} \cdot 1 = 0,8350 \frac{\text{моль}}{\text{л}}.$$

«Комплексообразованного» аммиака в водном слое:

$$(0,8350 - 0,6400) = 0,1950 \frac{\text{моль}}{\text{л}}.$$

Концентрация ионов $\text{Cu}^{2+} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10} = 0,05 \text{ М}$ иона (поскольку концентрация уменьшается вдвое при добавлении аммиака).

$$\text{«Комплексный» аммиак с ионами меди} = \frac{0,195}{0,05} \approx 4.$$

Тогда формула медного иона будет $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.

27. Раствор, полученный путем растворения 10,0 г глюкозы ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) в 500 мл воды, начинает затвердевать при $-0,21 \text{ }^\circ\text{C}$. Какова была бы начальная температура замерзания другого раствора, полученная путем растворения 10,0 г сахарозы ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) также в 500 мл воды?

Решение

Коллигативные свойства растворов находятся в зависимости от количества, а не от природы веществ в растворе (молекул или ионов).

Закон Рауля (2.2) и (2.7) ($\Delta T_{\text{замерз.}} = K_{\text{кр}} \cdot m$), примененный к первому решению, позволяет рассчитать криоскопическую постоянную воды ($K_{\text{кр}}$), поскольку известны два других члена. Последующее применение того же отношения ко второму решению позволит затем вычислить его $\Delta T_{\text{замерз.}}$.

Первая ситуация.

Моляльность раствора (m) находим, используя формулу (2.5). Количество вещества 10 г глюкозы с молярной массой 180 г/моль составляет:

$$n = \frac{10,0 \text{ г}}{180 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 5,55 \cdot 10^{-2} \text{ моль}.$$

Масса 500 мл воды составляет 500 г, так что:

$$m = \frac{5,55 \cdot 10^{-2} \text{ моль}}{0,500 \text{ кг}} = 1,11 \cdot 10^{-1} \frac{\text{моль}}{\text{кг}}.$$

$$K_{\text{кр}} = \frac{\Delta T_{\text{замерз.}}}{m} = \frac{0,21}{1,11 \cdot 10^{-1}} = 1,89 \text{ }^\circ\text{C} \frac{\text{моль}}{\text{кг}}.$$

Вторая ситуация.

Моляльность раствора St сахарозы ($M = 342$ г/моль) из формулы (2.5):

$$\frac{10,0}{342} \frac{\text{г}}{\text{г}} = 2,92 \cdot 10^{-2} \text{ моль,}$$

$$St = \frac{2,92 \cdot 10^{-2} \text{ моль}}{0,500} = 5,85 \cdot 10^{-2} \frac{\text{моль}}{\text{кг}}.$$

Рассчитаем $\Delta T_{\text{замерз.}}$:

$$\Delta T_{\text{замерз.}} = K_{\text{криоск.}} \cdot m = 1,89 \frac{\text{°С} \cdot \text{моль}}{\text{кг}} \cdot 5,85 \cdot 10^{-2} \frac{\text{моль}}{\text{кг}} = 0,11 \text{ °С}.$$

Поскольку чистая вода замерзает при $0,00 \text{ °С}$, начальная температура замерзания раствора, таким образом, составляет $0,00 \text{ °С} - 0,11 \text{ °С} = -0,11 \text{ °С}$.

2.2.3. Электролитическая диссоциация

28. Температура замерзания децинормального раствора хлорида натрия $-0,346 \text{ °С}$. Рассчитайте кажущуюся степень диссоциации хлорида натрия и приблизительное осмотическое давление раствора этой соли при 0 °С .

Решение

Для раствора хлорида натрия теоретическое понижение температуры равно Δt , а масса по формуле $M = \frac{0,1 \cdot M \cdot 100 \cdot 18,5}{1\,000 \cdot \Delta t}$, тогда $\Delta t = \frac{185}{1\,000}$.

Хлорид натрия диссоциирует на ионы: $\text{Na}^+\text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$; $x = 2$.

Изотонический коэффициент рассчитаем по формуле (2.9):

$$i = \alpha \cdot (x - 1) + 1, \quad (2.9)$$

где i – изотонический коэффициент,

α – степень диссоциации,

x – диссоциированные ионы.

$$i = \frac{0,346 \cdot 1\,000}{185} = 1,87.$$

Степень диссоциации α рассчитаем по формуле (2.10)

$$\alpha = \frac{(i - 1)}{(x - 1)}, \quad (2.10)$$

где α – степень диссоциации,

i – изотонический коэффициент,

x – диссоциированные ионы.

$$\alpha = \frac{(i - 1)}{(x - 1)} = \frac{1,87 - 1}{2 - 1} = \frac{0,87}{1} = 0,87 \text{ или } 87 \text{ \%}.$$

Рассчитаем осмотическое давление $\pi_{\text{осм}}$.

1 моль граммов NaCl в 2,24 литрах имеет $\pi_{\text{осм}}$ в 1 атмосферу при 0 °С .

0,1 моля граммов NaCl в 2,24 литрах имеет $\pi_{\text{осм}}$ в 0,1 атмосферы при 0 °С .

0,1 моля граммов NaCl в 1 литре имеет $\pi_{\text{осм}}$ в 2,24 атмосферы при 0 °С .

Рассчитанное $\pi_{\text{осм}} = 2,24$ атм.

$$\frac{\text{наблюдаемое осмотическое давление}}{2,24} = 0,87 + 1 = 1,87.$$

Суммарное $\pi_{\text{осм}}$ раствора соли при $0 \text{ °С} = 1,87 + 2,24 = 4,11$ атм.

29. Произведение растворимости (ПР) хромата серебра при 25 °С составляет 10^{-12} [6]. Найдите его растворимость (s) в г/л.

Решение

Из отношения $\frac{S}{332}$ находим растворимость, выраженную в моль/л, где 332 – молярная масса Ag_2CrO_4 .

Предполагая полную диссоциацию растворенного хромата серебра, 1 моль его дает 2 моля ионов Ag^+ и 1 моль иона CrO_4^{2-} . Через выражение растворимости запишем выражение произведения растворимости:

$$\frac{S}{332} \frac{\text{г}}{\text{моль}} \text{ хромата дает } \frac{2S}{332} \frac{\text{г}}{\text{моль}} \text{ ионов } \text{Ag}^+ \text{ и } \frac{S}{332} \frac{\text{г}}{\text{моль}} \text{ ионов } \text{CrO}_4^{2-}.$$

$$S = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}] = \left(\frac{S}{332}\right)^2 \cdot \left(\frac{S}{332}\right) = 2 \cdot 10^{-12}.$$

$$S^3 = \frac{2 \cdot 10^{-12}}{4} \cdot 332^3,$$

$$S = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 10^{-12}}{4} \cdot 332^3} = 0,026 \frac{\text{г}}{\text{л}}.$$

Раздел 3. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

3.1. Аудиторные задания по разделу 3

3.1.1. Задание к лабораторному занятию 6

1. Построить график зависимости скорости реакции от концентрации, если константа скорости реакции равна 0,06, порядок реакции равен $\frac{2}{3}$, а концентрации равны 0,025 моль/л, 0,125 моль/л и 0,336 моль/л.

2. Рассчитать половинное время реакции и концентрацию вещества, оставшегося через 45 мин после начала реакции, если $C_0 = 1,1$ моль/л, $K = 0,18$ л/моль · мин, порядок реакции равен 2.

3. Для обратимой реакции имеются данные:

время, мин	0	20	бесконечность
концентрация, моль	1	0,5	0,06

Вычислить константу равновесия, константы скоростей прямого и обратного процессов и степень превращения вещества за промежуток времени 30 мин.

4. Бертолетова соль при нагревании разлагается по двум направлениям ($KCl + O_2$ и $KCl + KClO_4$) в соотношении 3 : 1. Определить константы скоростей обеих реакций, если степень превращения вещества через 35 мин составила 40 %.

3.1.2. Задание к лабораторному занятию 7

1. Реакция идет по схеме: $A \rightarrow B \rightarrow C$. Найти концентрацию вещества В при условии, что начальная концентрация вещества А равна 0,8 моль/л, константа скорости первой реакции $0,1 \text{ час}^{-1}$, константа скорости второй реакции $0,05 \text{ час}^{-1}$, время после начала реакции 10 час.

2. В цепной реакции константа зарождения цепи равна $1,2 \text{ мин}^{-1}$, константа разветвления $1,2 \text{ мин}^{-1}$, константа обрыва цепи $0,6 \text{ мин}^{-1}$. Рассчитать концентрацию активных частиц через 1 мин после начала реакции.

3. $K = 2,5 \cdot 10^{13} \exp(-80\,000/RT) \text{ с}^{-1}$. При какой температуре период полураспада в реакции будет равен 1 000 мин?

4. Построить график зависимости $\ln K$ от $1/T$ и рассчитать энергию активации реакции, если:

температура, °С	5	30	50
$K, \text{ с}^{-1}$	0,00002	0,0004	0,0036

5. Какое значение имеет выражение «процесс протекает в кинетической или в диффузионной области»? Определить коэффициент массопереноса, диффузионное и кинетическое сопротивление, если коэффициент диффузии равен $10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$, толщина (глубина) диффузионного слоя $3 \cdot 10^{-6} \text{ м}$, константа скорости реакции $0,0003 \text{ с}^{-1}$, площадь $0,8 \text{ м}^2$.

3.1.3. Задание к лабораторному занятию 8

1. Начертите график зависимости изменения энергии Гиббса зародыша конденсированной фазы от его размера и поясните. Оцените критическую величину энергии Гиббса и критический радиус зародыша, если температура фазового перехода равна 323 К , теплота перехода 50 кДж/моль , молярная масса вещества 18 г/моль , плотность 950 кг/м^3 , переохлаждение $1,6 \text{ градуса}$, поверхностное натяжение на границе раздела фаз $0,065 \text{ н/м}$.

2. Для начальной стадии роста частиц осадка (степень реакции много меньше единицы) установлены следующие соотношения между относительной скоростью превращения и степенью превращения:

скорость	0,033	0,048
степень превращения, %	0,15	0,45

Установить характер процесса (диффузионный или кинетический).

3. Константы общего топохимического уравнения равны: $k = 1,2$, $n = 2$. Рассчитать степень превращения вещества в процентах при времени реакции, равном $0,4$.

4. Вычислить скорость ферментативной реакции, если константа Михаэлиса равна $0,022$, константа необратимой реакции – $2\ 000$, концентрация энзима – $0,000001 \text{ М}$, концентрация субстрата – $0,001 \text{ М}$.

3.2. Задачи и решение

3.2.1. Введение в химическую кинетику

30. Значение константы равновесия K_p при $1\ 000 \text{ }^\circ\text{C}$ для разложения карбонилдихлорида (фосгена) в соответствии с $\text{CoCl}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г})$ составляет $34,8$, если принять стандартное состояние равным 1 бар [8]. Каким было бы значение K_p , если бы по какой-либо причине стандартное состояние было принято равным $0,50 \text{ бар}$? Что этот результат говорит о численных значениях констант равновесия? Используйте определение K_p , чтобы найти значение K_p ($0,500 \text{ бар}$) в новом стандартном состоянии.

Решение

Константа равновесия может быть выражена через отношение констант реакций через концентрации или давления (3.1):

$$K_p = \frac{k_{\text{пр.}}}{k_{\text{обр.}}}, \quad (3.1)$$

где K_p – константа равновесия,

$k_{\text{пр.}}$ и $k_{\text{обр.}}$ – константы скорости прямой и обратной реакции соответственно.

Константа равновесия показывает, во сколько раз скорость прямой реакции больше скорости обратной реакции.

Численные значения констант равновесия зависят от выбранных стандартных состояний.

Из формулы (3.1) выражаем константу равновесия через давления газообразных веществ:

$$K_{p1} (1 \text{ бар}) = \frac{\frac{P_{\text{CO}}}{1 \text{ бар}} \cdot \frac{P_{\text{Cl}_2}}{1 \text{ бар}}}{\frac{P_{\text{COCl}_2}}{1 \text{ бар}}} = 34,8;$$

$$K_{p2} (0,50 \text{ бар}) = \frac{\frac{P_{\text{CO}}}{0,50 \text{ бар}} \cdot \frac{P_{\text{Cl}_2}}{0,50 \text{ бар}}}{\frac{P_{\text{COCl}_2}}{0,50 \text{ бар}}} = \frac{1 \text{ бар}}{0,50 \text{ бар}} = 17,4.$$

31. Используя табличные данные [6], рассчитайте $\Delta_r G^\circ(T)$ и $K_p(T)$ при 25°C для реакции $3\text{H}_2(\text{г}) + \text{N}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{г})$.

Решение

$$\Delta_r G^\circ(T) = 2(-16,637 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}) = -33,274 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

Уравнение Аррениуса (3.2) помогает рассчитать константу равновесия где изменение (Δ) в реакции (r) и R (R – универсальная газовая постоянная, равная $8,314 \text{ Дж/моль К}$) берется в стандартных условиях (температура $T = 298 \text{ К}$ и давление $p = 1 \text{ атм}$):

$$K_p = e^{\frac{-\Delta_r G^\circ(T)}{RT}}. \quad (3.2)$$

$$K_p = e^{\frac{-\Delta_r G^\circ(T)}{RT}} = 6,80 \cdot 10^5.$$

32. Значение K_p для газофазной реакции удваивается при повышении температуры с 300 К до 400 К при фиксированном давлении. Каково значение $\Delta_r H^\circ$ для этой реакции?

Решение

Предположим, что значение энтальпии остается постоянным в этом диапазоне температур. После логарифмирования, используя уравнение Клаузиуса – Клапейрона (2.3), находим значение энтальпии:

$$\left(\ln \left(\frac{K_p(T_2)}{K_p(T_1)} \right) \right) = - \frac{\Delta_r H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right),$$

$$R \cdot \ln 2 = -\Delta_r H^\circ \left(\frac{1}{400 \text{ К}} - \frac{1}{300 \text{ К}} \right).$$

$$\Delta_r H^\circ = 6,91 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

33. Карбонат кальция встречается в виде двух кристаллических форм – кальцита и арагонита. Значение $\Delta(G^\circ)$ при 25 °С составляет +1,04 кДж/моль для перехода CaCO_3 (кальцит) \rightleftharpoons CaCO_3 (арAGONIT). Плотность кальцита при 25 °С составляет 2,710 г/см³, а арагонита 2,930 г/см³ [5]. При каком давлении эти две формы CaCO_3 будут находиться в равновесии при температуре 25 °С?

Решение

Молярный объем арагонита составляет:

$$\frac{1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{дм}^3}{\text{г}}}{2,930 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}} \cdot \left(100,09 \frac{\text{г}}{\text{моль}}\right) = 0,0342 \text{ дм}^3,$$

а молярный объем кальцита равен:

$$\frac{1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{дм}^3}{\text{г}}}{2,710 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}} \cdot \left(100,09 \frac{\text{г}}{\text{моль}}\right) = 0,0369 \text{ дм}^3.$$

Когда формы находятся в равновесии, давление одинаковое.

Энергия Гиббса (G) связана с константой равновесия уравнением (3.3):

$$\Delta_r G^\circ = -R \cdot T \cdot \ln K_p. \quad (3.3)$$

Можно составить уравнение с использованием формулы универсального газового закона (1.3), выразив константу равновесия через концентрации веществ [точнее активности (a)]:

$$\begin{aligned} \Delta_r G^\circ &= -R \cdot T \cdot \ln K_p = -R \cdot T \cdot \ln \frac{a_{\text{арAGONIT}}}{a_{\text{кальцит}}} = -R \cdot T \cdot \ln \frac{0,0342 \cdot (P-1)}{RT} - \frac{0,0369}{RT} = \\ &= (0,0027) \cdot (P - 1). \end{aligned}$$

Решение этого уравнения для давления (P) дает значение

$$(P - 1) = \frac{1 \ 040}{0,0027} \cdot \frac{1}{R \cdot T} \left(\frac{\frac{\text{Дж}}{\text{моль}}}{\frac{\text{дм}^3}{\text{моль}}} \right) \left(\frac{0,083145 \ \text{дм}^3 \cdot \text{бар}}{8,3145 \ \frac{\text{Дж}}{\text{Дж}}} \right), \quad P = 3 \ 800 \ \text{бар}.$$

34. Реакция первого порядка завершается на 24 % за 19,7 минуты. Сколько времени необходимо для завершения реакции на 85,5 %? Рассчитайте константу скорости реакции.

Решение

Чтобы найти константу скорости реакции, используем закон кинетики для первого порядка (3.4):

$$v = k \cdot c_{A_2} \quad (3.4)$$

где k – константа скорости реакции,

c_A – концентрация вещества А.

После логарифмирования получаем уравнение (3.5):

$$\ln \frac{[A]}{[A]_0} = -k\tau, \quad (3.5)$$

где $[A]$ и $[A]_0$ – начальная и конечная концентрация веществ,

k – константа скорости реакции,

τ – время реакции.

В результате решения, находим константу скорости.

$$\ln \frac{[A]}{[A]_0} = -k(19,7 \text{ мин}),$$

$$\ln(1 - 0,24) = -k(19,7 \text{ мин}).$$

$$k = 1,39 \cdot 10^{-2} \left(\frac{1}{\text{мин}}\right).$$

Чтобы определить время, необходимое для завершения реакции на 85,5 %, решаем уравнение (3.5).

$$\ln \frac{[A]}{[A]_0} = -\left(1,39 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\text{мин}}\right)\tau.$$

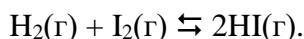
$$\ln(1 - 0,855) = -\left(1,39 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\text{мин}}\right)\tau.$$

$$\tau = 139 \text{ минут}.$$

35. Смесь из 0,01 моля водорода и 0,02 моля йода нагревали при температуре 458 °С до установления равновесия. Если $K_p = 48,7$, сколько молей йодистого водорода в этом случае присутствовало?

Решение

Гомогенная система – это система, в которой все вещества находятся в одинаковом физическом состоянии.



Для этой реакции значения K_p и K_c идентичны, и нижний индекс можно опустить. Равновесие может быть изучено путем нагревания известных количеств водорода и йода в герметичных пробирках при постоянной температуре до установления равновесия, «замораживания» и анализа смеси путем титрования неизменного йода стандартным тиосульфатом натрия. Результаты подтверждаются путем приближения к равновесию с противоположной стороны.

Пусть количество молей (в объеме V) водорода, йода и йодистого водорода в равновесном состоянии равно n_{H_2} , n_{I_2} , n_{HI} . Константа равновесия составляет 48,7 при температуре 458 °С. Записываем формулу (3.1) через равновесные концентрации веществ и их количества (n):

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]} = \frac{n^2_{\text{HI}}}{n_{\text{H}_2} \cdot n_{\text{I}_2}}$$

Зная K , можно рассчитать состав смеси для любых заданных начальных условий при одной и той же температуре. Если исходное количество молей водорода и йода равно «а» и «в» соответственно, а при равновесии «х» моль каждого из них исчезло, то оставшееся количество молей равно $(a - x)$ водорода и $(v - x)$ йода. Количество образующихся молей йодистого водорода равно 2-кратному. Следовательно:

$$K = \frac{4 \cdot x^2}{(0,010 - x) \cdot (0,020 - x)} = 48,7.$$

Решения этого квадратного уравнения равны:

$$x = 2 \cdot 14 \cdot 10^{-2} \text{ и } x = 0,75 \cdot 10^{-2},$$

$$\text{т.е. } 2x = 4,28 \cdot 10^{-2} \text{ и } 2x = 1,50 \cdot 10^{-2} \text{ моль}.$$

Первое физическое значение не имеет смысла, поскольку оно более чем в два раза превышает первоначальное количество водорода и йода. Это означает, что будет присутствовать $1,50 \cdot 10^{-2}$ моль йодистого водорода.

3.2.2. Кинетика сложных реакций

36. Реакция сульфурил хлорида $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{г}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г})$ является реакцией первого порядка (3.4) и имеет постоянную скорость $2,24 \cdot 10^{-5} \text{ л/с}$ при 320°C . Рассчитайте период полураспада реакции. Какая доля образца $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{г})$ останется после нагревания в течение 5,00 часов при температуре 320°C ? Как долго образец $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{г})$ необходимо выдерживать при температуре 320°C для разложения 92,0 % от исходного количества?

Решение

Закон интегральной скорости для реакции первого порядка согласно (3.5) для данной реакции [8]:

$$\ln \frac{[\text{SO}_2\text{Cl}_2]}{[\text{SO}_2\text{Cl}_2]_0} = -k\tau.$$

При $\tau = \tau_{1/2}$, $[\text{SO}_2\text{Cl}_2] = [\text{SO}_2\text{Cl}_2]_0/2$, формула периода полураспада принимает вид (3.6):

$$\tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}, \quad (3.6)$$

где $\tau_{1/2}$ – период полураспада,

k – константа скорости.

Подставляем значения в формулу (3.6) для расчета периода полураспада:

$$\ln 1/2 = -(2,24 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{с}}) \cdot \tau_{1/2}, \quad \tau_{1/2} = 3,09 \cdot 10^4 \text{ с.}$$

После нагревания в течение 5 часов при температуре 320°C количество присутствующего SO_2Cl_2 можно определить, решив уравнение:

$$\ln \frac{[\text{SO}_2\text{Cl}_2]}{[\text{SO}_2\text{Cl}_2]_0} = -(2,24 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{с}}) \cdot (5 \text{ ч}) \cdot \left(3600 \frac{\text{с}}{\text{ч}}\right),$$

$$[\text{SO}_2\text{Cl}_2] = 0,688[\text{SO}_2\text{Cl}_2]_0.$$

Другими словами, останется 68,8 % от начального. Время, необходимое для разложения 92,0 % SO_2Cl_2 , можно найти, решив уравнение:

$$\ln \frac{[\text{SO}_2\text{Cl}_2]}{[\text{SO}_2\text{Cl}_2]_0} = -(2,24 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{с}}) \cdot \tau.$$

$$\ln(1 - 0,920) = -(2,24 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{с}}) \cdot \tau,$$

$\tau = 1,13 \cdot 10^5 \text{ с}$, т.е. требуется 31,3 часа, чтобы разложилось 92,0 % от исходного количества присутствующего SO_2Cl_2 .

37. Пероксид водорода H_2O_2 разлагается в воде в результате кинетического процесса первого порядка. Раствор H_2O_2 $C_M = 0,156 \text{ моль/л}$ в воде имеет начальную скорость разложения в $1,14 \cdot 10^{-3} \text{ моль/с}\cdot\text{дм}^3$. Рассчитайте константу скорости реакции разложения и период полураспада реакции разложения пероксида водорода.

Решение

Мы можем найти константу скорости, подставив ее в закон скорости первого порядка (3.4):

$$v_0 = k \cdot [\text{H}_2\text{O}_2]_0.$$

После подстановки данных находим константу скорости:

$$k = \frac{1,14 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3 \cdot \text{с}}}{0,156 \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3}} = 7,31 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{с}}.$$

Для реакции первого порядка, чтобы определить период полураспада реакции можно использовать уравнение (3.6).

38. Для реакции $\text{H}^+(\text{водн.}) + \text{OH}^-(\text{водн.}) \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ при 25 °С константа равновесия

$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]}{[\text{H}^+][\text{OH}^-]} = 5,49 \cdot 10^{15} \frac{\text{дм}^3}{\text{моль}}$. Зависящая от времени электропроводность раствора после скачка температуры до конечной температуры 25 °С показывает время релаксации $\tau = 3,7 \cdot 10^5$ с. При 25 °С плотность воды ρ равна 0,997 г/см³. Определите значения констант скорости k_1 и k_{-1} .

Решение

Молярная концентрация воды при температуре 25 °С составляет

$$m \cdot \frac{\rho}{M \cdot V} = \frac{1000 \cdot 0,997 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}}{18,015 \cdot 1 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot \text{л}} = 55,3 \frac{\text{моль}}{\text{л}}.$$

Пусть x – количество молей воды, которые диссоциируют на литр. Тогда при равновесии $[\text{H}_2\text{O}] = 55,3 \frac{\text{моль}}{\text{л}} - x$, а $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = x$.

Запишем уравнение константы равновесия (3.1) через равновесные концентрации продуктов и исходных веществ. После подстановки данных получаем и решаем квадратное уравнение:

$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]}{[\text{H}^+][\text{OH}^-]} = \frac{(55,3 \frac{\text{моль}}{\text{л}} - x)}{x^2}, 5,49 \cdot 10^{15} \frac{\text{л}}{\text{моль}} = \frac{(55,3 \frac{\text{моль}}{\text{л}} - x)}{x^2}.$$

После решения квадратного уравнения, взяв положительный корень, находим концентрацию ионов водорода:

$$x = 1,00 \cdot 10^{-7} \frac{\text{моль}}{\text{л}}.$$

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1,00 \cdot 10^{-7} \frac{\text{моль}}{\text{л}}.$$

$$K_c = \frac{k_1}{k_{-1}} = 5,49 \cdot 10^{15} \frac{\text{л}}{\text{моль}} \cdot k_{-1}.$$

$$k_{-1} = k_1([\text{H}^+] + [\text{OH}^-]) = \frac{1}{\tau}.$$

Из этого уравнения находим:

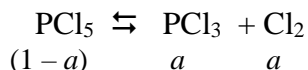
$$k_{-1} = \frac{1}{\{(3,7 \cdot \text{с}) \cdot 10^{-5} [1 + (5,49 \cdot 10^{15} \frac{\text{л}}{\text{моль}}) \cdot (2,00 \cdot 10^{-7} \frac{\text{моль}}{\text{л}})]\}} = 2,5 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{с}}.$$

$$k_1 = 1,4 \cdot 10^{11} \frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}}.$$

39. Плотность пара для диссоциации паров пентахлорида фосфора при общем давлении 0,5 атмосфер составляет 89 по молекулярному водороду. Найдите парциальное давление трихлорида фосфора в смеси, когда пары сжимаются в изотермических условиях до 1 атмосферы. Рассчитайте парциальное давление трихлорида фосфора после введения в смесь равного объема хлора и приведения условий к первоначальным.

Решение

Диссоциации паров пентахлорида фосфора протекает по уравнению:



Исходя из теории записываем через степень диссоциации (a) веществ и давление (P), находим константу равновесия:

$$K_p = \frac{a^2 \cdot P}{(1-a^2)}; \quad a = \frac{(104,25 - 89)}{89} = 0,1713, \text{ откуда } K_p = 0,0151.$$

$$\text{Если } P = 1 \text{ атмосфере, } \frac{a^2}{(1-a^2)} = 0.$$

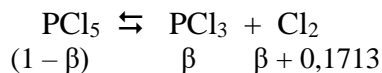
Подстановка значения 0,0151 дает $a = 0,122$.

$$p_{\text{парц. PCl}_3} = \frac{a}{(1+a)}.$$

$$p_{\text{парц.}} = \frac{0,122}{1} + 0,122 = 0,109 \text{ атм.}$$

После введения в смесь равного объема хлора и приведения условий к первоначальным количество введенных молей хлора равно $(1+a)$, где a – первоначальная степень диссоциации (0,1713).

Пусть степень диссоциации в новых условиях равна β .



Концентрации PCl_5 , PCl_3 , и Cl_2 в объеме V будут $\frac{(1-\beta)}{V}$, $\frac{\beta}{V}$ и $\frac{\beta + 0,1713}{V}$, тогда $K_c = \frac{\beta(\beta + 0,1713)}{(1-\beta) \cdot V}$, $K_c = \frac{0,1713^2}{1 - 0,1713 V}$ (при первоначальной диссоциации).

$$\text{Следовательно: } \beta^2 + 1 \cdot 0,1713 \beta = (1-\beta) \cdot \frac{0,1713^2}{0,8287}, \beta = 0,0285.$$

$$P_{\text{общее}} = \frac{0,5 \cdot (1 + \beta + 1 \cdot 0,1713)}{1 \cdot 0,1713}.$$

$$p_{\text{парц. PCl}_3} = \frac{0,5 \cdot (1 + \beta + 1 \cdot 0,1713)}{[1 \cdot 0,1713] \cdot [\beta/1 + \beta + 1 \cdot 0,1713]} = \frac{0,5 \cdot \beta/0,1713}{0,5 \cdot 0,0285/0,1713} = 0,0122 \text{ атм.}$$

40. Пиролиз этана является важным промышленным процессом, протекающим следующим образом: $\text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$. На самом деле этот процесс происходит как цепная реакция, состоящая из ряда этапов.

В процессе пиролиза были получены данные при температуре 1 150 К и давлении 60 бар:

t, с	0,06	0,15	0,26	0,42	0,61	0,82
C (C_2H_6), моль/м ³	381	318	254	191	139	82

Определите порядок реакции пиролиза этана. Предложите для пиролиза C_2H_6 механизм при высоком давлении.

Решение

Общий метод определения порядка реакции основан на законе действующих масс.

Ввиду того, что этан в начале реакции пиролиза находится в большом избытке и имеется больше двух экспериментальных точек, можно записать кинетические данные в координатах $\ln v - \ln[A]$ и представить их в линейном виде с помощью метода наименьших квадратов. Тогда порядок реакции x будет равен тангенсу угла наклона прямой. Для данных условий порядок реакций будет равен 1.

Механизм при высоком давлении для пиролиза C_2H_6 :

- 1) $C_2H_6 \rightarrow CH_3^\bullet + CH_3^\bullet$,
- 2) $C_2H_6 + CH_3^\bullet \rightarrow CH_4 + C_2H_5^\bullet$,
- 3) $C_2H_5^\bullet \rightarrow C_2H_4 + H^\bullet$,
- 4) $C_2H_6 + H^\bullet \rightarrow C_2H_5^\bullet + H_2$,
- 5) $C_2H_5^\bullet + C_2H_5^\bullet \rightarrow C_4H_{10}$,
- 6) $C_2H_5^\bullet + C_2H_5^\bullet \rightarrow C_2H_6 + C_2H_4$.

3.2.3. Кинетика гетерогенных реакций. Катализ

41. Реакция гидрирования этена: $C_2H_4 + H_2 \rightarrow C_2H_6$. Скорость, как правило, зависит от концентраций реагентов, которые обычно заключаются в квадратные скобки, с помощью одной или нескольких констант скорости. Скорость гидрирования этилена на меди определяется уравнением: v реакции $= \frac{k_a[H_2] \cdot [C_2H_4]}{(1 + k_b[C_2H_4])^2}$, где k_a и k_b – константы скорости, $[H_2]$ – концентрация водорода, а $[C_2H_4]$ – концентрация этена [5].

Рассчитайте скорость гидрирования, когда $[H_2] = 0,05$ моль/дм³ и $[C_2H_4] = 0,15$ моль/дм³, с учетом констант $k_a = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{дм}^3}{\text{моль} \cdot \text{с}}$ и $k_b = 1,62 \frac{\text{дм}^3}{\text{моль}}$.

Решение

Прежде всего, перепишите уравнение (3.1) через соотношения, чтобы включить в него подразумеваемые операции умножения.

$$v \text{ реакции} = \frac{k_a \cdot [H_2] \cdot [C_2H_4]}{(1 + k_b \cdot [C_2H_4])^2}$$

Сначала вычислите действие в скобке, которая содержит операции сложения и умножения. Затем выполните умножение, чтобы получить результат:

$$k_b \cdot [C_2H_4] = 1,62 \frac{\text{дм}^3}{\text{моль}} \cdot 0,15 \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3} = 0,243.$$

Обратите внимание, что в этом случае единицы измерения сокращаются. Вторая операция в скобках – это сложение, в результате которого получаем $1 + 0,243 = 1,243$.

Остальные операции – это умножение и деление, поэтому мы можем подставить их в исходное уравнение, чтобы получить:

$$v = \frac{4 \cdot 10^5 \cdot 0,05 \cdot 0,15 \frac{\text{дм}^3}{\text{моль} \cdot \text{с}} \cdot \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3} \cdot \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3}}{0,243^2 \cdot 1}$$

Числовая часть верхней части этой дроби оценивается как $3 \cdot 10^3$, а единицы измерения, объединяясь, дают $\frac{\text{моль}}{\text{с} \cdot \text{дм}^3}$. Таким образом, требуется произвести окончательный расчет значения скорости:

$$v = \frac{3 \cdot 10^3 \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3 \cdot \text{с}}}{1,545 \cdot 1} = 1,9 \cdot 10^3 \frac{\text{моль}}{\text{с} \cdot \text{дм}^3}$$

42. Белок каталаза катализирует реакцию $2[\text{H}_2\text{O}_2](\text{водн.}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + \text{O}_2(\text{г})$ и имеет постоянную Михаэлиса $K_m = 25 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³ и число оборотов $v = \frac{4,0 \cdot 10^7}{\text{с}}$. Рассчитайте начальную скорость этой реакции, если общая концентрация фермента составляет $0,016 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³, а начальная концентрация субстрата $4,32 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³. Рассчитайте $v_{\text{макс.}}$ для этого фермента. Каталаза имеет один активный центр.

Решение

Уравнение Михаэлиса – Ментена [1] имеет вид (3.7):

$$v = \frac{k_2[S]_0[E]}{K_m + [S]_0} = \frac{v_{\text{макс.}}[S]_0}{K_m + [S]_0}, \quad (3.7)$$

где v – скорость реакции,

k_2 – константа скорости субстрата,

k_m – константа скорости компонентов реакции,

$[S]_0$ – концентрация фермента,

$[E]$ – концентрация субстрата.

Число оборотов для одного катализатора с активным центром равно:

$$v = \frac{0,64 \cdot 4,32 \cdot 10^{-6}}{25 \cdot 10^{-3} + 4,32 \cdot 10^{-6}} = 1,11 \cdot 10^4 \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3 \cdot \text{с}}$$

$$\frac{v_{\text{макс.}}}{E_0} = (4,0 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{с}} \cdot 10 \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3}) = 0,64 \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3 \cdot \text{с}}$$

43. Обнаружено, что разложение карбоната кальция, стехиометрическое уравнение которого записывается как $\text{CaCO}_3(\text{тв}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{тв}) + \text{CO}_2(\text{г})$, не встречается на открытом воздухе при давлении 1 атм и при температуре около 500 °С.

Определите:

а) каково происхождение этого порога. (Как можно обосновать значение этой минимальной температуры и используемый в связи с ней термин *приблизительно*?)

б) при какой температуре происходит полное разложение карбоната кальция на открытом воздухе.

Используйте необходимые справочные данные.

Решение

Применение закона действия масс (3.8) [10]:

$$v = k \cdot C_A^n \cdot C_B^m, \quad (3.8)$$

где v – скорость реакции,

C – концентрации,

A и B – исходные вещества,

n и m – количества веществ.

Решение а)

С учетом того, что в реакции участвует только один газообразный продукт, получаем уравнение (3.1) в особенно простом отношении: $K = \frac{p_{\text{CO}_2}}{p^0}$.

Как и в случае со всеми равновесиями, отсутствие или существование изменений системы связано с равенством или неравенством между тепловым эффектом реакции ($Q = \frac{p_{\text{CO}_2}}{p}$) и константой равновесия K .

Отсутствие разложения при температуре ниже 500 °С эквивалентно полному смещению равновесия в обратном направлении (-1) и доказывает, что при любой температуре ниже 500 °С Q больше, чем K.

Как это может быть, если реакция не происходит и, следовательно, не выделяется CO₂? Объяснение заключается в том, что в воздухе содержится небольшое количество CO₂, и разложение возможно только в том случае, если константа равновесия больше парциального давления CO₂ в воздухе. Таким образом, пороговая температура 500 °С – это температура, при которой K становится равной этому парциальному давлению (которое не является строго однородным или постоянным в атмосфере, отсюда и термин приблизительно). Необходимо иметь возможность найти эту температуру путем расчета, если мы знаем:

– долю CO₂ в воздухе,

– значение константы равновесия при любой температуре T₁, по которой можно определить, при какой температуре T₂ она равна pCO₂ (а для этого применения закона Вант-Гоффа (3.10) требуется знание исходной молярной энтальпии реакции).

Расчет $\Delta_r H_m^0 = \sum_B \nu(B) \cdot H_m^0(B)$:

$$\frac{\Delta_r H_m^0}{\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}} = 635,1 - 393,5 + 1\,206,9, \Delta_r H_m^0 = 178,3 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

Расчет K при 298 K $\Delta_r S_m^0 = \sum_B \nu(B) \cdot S_m^0(B)$.

$$\frac{\Delta_r S_m^0}{\frac{\text{Дж}}{\text{моль}}} = 39,7 + 213,6 - 92,9, \Delta_r S_m^0 = 160,4 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

Для решения можно вначале использовать уравнение свободной энергии Гиббса (3.9):

$$G = H - T \cdot S, \quad (3.9)$$

где G – энергия Гиббса,

H – энтальпия,

T – температура,

S – энтропия.

$\Delta_r G_m^0 = \Delta_r H_m^0 - \Delta_r S_m^0 \cdot T = 1,30 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$, а затем уравнение (3.3):

$$\ln K_{298} = \frac{-\Delta_r G_m^0}{R \cdot T} = -52,5, \text{ откуда получаем } K_1 = 1,58 \cdot 10^{-23}.$$

Расчет для T₂.

Обычный воздух содержит 0,03 % по объему CO₂, молярная доля которого, следовательно, составляет 0,0003 (3·10⁻⁴), а парциальное давление при общем давлении 1 бар составляет pCO₂ = 1 · 3 · 10⁻⁴ бар = 3 · 10⁻⁴ бар.

Следовательно, необходимо, используя закон Вант-Гоффа, определить температуру, при которой константа равновесия равна 3 · 10⁻⁴:

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta_r H_m^0}{R} \cdot \left(\frac{T_2 - T_1}{T_2 \cdot T_1} \right). \quad (3.10)$$

$$K_1 = 1,58 \cdot 10^{-23}.$$

$$K_2 = 3 \cdot 10^{-4}, T_1 = 298 \text{ K},$$

$$\Delta_r H_m^0 = 178,3 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}},$$

находим T₂ = 784 K (511 °С ≈ 500 °С).

Блокирование протекания реакции при температуре ниже 500 °С происходит из-за присутствия CO₂ в воздухе: при 500 °С, $K = \frac{p_{\text{CO}_2}}{p^0} = 3 \cdot 10^{-4}$.

Решение б)

Парциальное давление CO₂ в воздухе можно считать неизменным в течение всего эксперимента. На него не влияет разложение карбоната кальция.

Следовательно, равновесие существует только при 500 °С (приблизительно, в зависимости от точного содержания CO₂ в воздухе) и разложение происходит полностью, как только температура превышает это значение.

Раздел 4. ЭЛЕКТРОХИМИЯ

4.1. Аудиторные задания по разделу 4

4.1.1. Задание к лабораторному занятию 9

1. Написать схему цепи и вычислить ЭДС концентрационного элемента, составленного из двух водородных электродов при температуре 13 °С (давление газа 0,64 атм и 1,44 атм, концентрация HCl 0,01 М и 0,001 М, коэффициенты активности 0,7 и 0,8 соответственно). Вычислить изменение энергии Гиббса для реакции в элементе.

2. Сколько времени надо проводить электролиз 40 мл 0,4 М раствора сульфата меди током 0,4 А до полного выделения меди, если выход по току равен 80 %?

3. Сколько времени надо проводить электролиз по условиям задачи 2, чтобы покрыть пластинку размером 1 м² слоем меди толщиной 40 мкм (плотность меди 890 кг/м³)?

4. При электролизе раствора соли меди на катоде выделяется 0,5 г меди. Количественно охарактеризовать анодный процесс, если он идет:

- а) в растворе сульфата меди и электроды инертные;
- б) в растворе хлорида меди и электроды медные.

5. Определить общее изменение массы раствора электролита, если ток силой 2,2 А в течение 2 часов проходит через раствор сульфата меди с выходом по току 95 %.

4.1.2. Задание к лабораторному занятию 10

1. Вычислить потенциал медного электрода, погруженного при 18 °С в 0,005 М раствор сульфата меди, если $\varphi(o) = +0,34$ В, коэффициент активности 0,53. Составить схему цепи.

2. Написать схему цепи и вычислить ЭДС элемента, составленного из двух водородных электродов (давление газа 1 атм), погруженных в 0,01 М и 0,005 М растворы азотной кислоты при 25 °С. Коэффициент активности первого раствора – 0,89, второго – 0,91. Вычислить изменение энергии Гиббса при реакции в элементе.

3. Написать схему цепи, уравнение реакции в элементе и вычислить его ЭДС, если он составлен из ртутно-сульфатного электрода ($\varphi(o) = +0,615$ В) и железо(3+)/железо(2+) электрода ($\varphi^o = +0,77$ В) при температуре 25 °С, концентрации соли в первом электроде – 0,1 М (коэффициент активности – 0,1), концентрации соли железа(2+) – 0,1 М, железа(3+) – 0,01 М (коэффициент активности – 0,2). Оценить изменение энергии Гиббса, энтропии и энтальпии, если температурный коэффициент ЭДС равен – 0,0004 В/К.

4. Ток силой 2,2 А проходит через раствор медного купороса в течение 2 часов. Какова масса выделившейся на катоде меди, если выход по току составил 94 %?

5. Ток, проходя через раствор кислоты, выделяет за 8 минут 140 мл газообразного водорода, измеренного при 15 °С под давлением 97 500 Па. Вычислить силу тока, если выход по току составлял 93 %.

6. В интервале плотности тока от $0,000001 \text{ А/см}^2$ до $0,01 \text{ А/см}^2$ вычислить и представить в полулогарифмических координатах график зависимости перенапряжения от плотности тока для реакции катодного выделения водорода на свинце, если константы уравнения Тафеля в вольтах равны: $a = 1,533$, $b = 0,118$. Предполагая, что наиболее медленной стадией является разряд, оценить плотность тока обмена ионов водорода на свинце.

4.2. Задачи и решение

4.2.1. Введение в электрохимию. Электропроводность

44. Параметры кондуктометрической ячейки используются для определения электропроводности различных растворов.

Рассчитайте:

а) константу ячейки, если ячейка для измерения электропроводности (кондуктометрическая ячейка) имеет электроды площадью $6,00 \text{ см}^2$ и расстоянием между ними по площади $1,50 \text{ см}$ друг от друга;

б) общую электропроводность воды, если электропроводность воды как растворителя при $25 \text{ }^\circ\text{C}$ составляет $5 \cdot 10^{-6}$ сименс;

в) электропроводность раствора KCl объемом $1,00 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³ при $25 \text{ }^\circ\text{C}$ равна $6,42 \cdot 10^{-5}$ сименс. Какова электропроводность, обусловленная соотношениями ионов $\text{K}^+(\text{водн.})$ и $\text{Cl}^-(\text{водн.})$ [9]?

Решение а)

Для проведения расчетов задачи необходимо рассчитать константу ячейки по формуле (4.1) [9]:

$$K_{\text{яч.}} = \frac{l}{A}, \quad (4.1)$$

где l – расстояние между платиновыми электродами,

A – площадь электродов.

Подставляем значения в формулу (4.1) и находим:

$$K_{\text{яч.}} = \frac{1,5 \text{ см}}{6,0 \text{ см}^2} = 0,250 \frac{1}{\text{см}}.$$

Решение б)

Проводимость воды можно найти из формулы (4.2):

$$\kappa = G \cdot K_{\text{яч.}}, \quad (4.2)$$

где κ – проводимость в $\frac{\text{сименс}}{\text{см}}$,

G – электропроводность растворителя,

$K_{\text{яч.}}$ – постоянная ячейки для электропроводности.

Проводимость воды в качестве растворителя равна:

$$\kappa = G \cdot K_{\text{яч.}} = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,250 \frac{\text{сименс}}{\text{см}} = 1,605 \cdot 10^{-6} \frac{\text{сименс}}{\text{см}}.$$

Решение в)

Значение электропроводности раствора KCl складывается из вклада воды как растворителя и вклада ионов $\text{K}^+(\text{водн.})$ и $\text{Cl}^-(\text{водн.})$. Тогда вклад ионов:

$$K^+(\text{водн.}) \text{ и } \text{Cl}^-(\text{водн.}) = (1,605 - 0,125) \cdot 10^{-5} = 1,480 \cdot 10^{-5} \frac{\text{сименс}}{\text{см}},$$

т.е. κ для $\text{K}^+(\text{водн.})$ и $\text{Cl}^-(\text{водн.})$ только за счет этих ионов равен $1,480 \cdot 10^{-5} \frac{\text{сименс}}{\text{см}}$.

45. Раствор нитрата серебра, с концентрацией $1,13 \cdot 10^{-3}$ г/мл Ag^+ , был подвергнут электролизу с использованием серебряных электродов. После электролиза было обнаружено, что анодный раствор (20 мл) содержит 0,039 г серебра. После взвешивания обнаружено, что на катоде накопилось 0,031 г серебра. Найдите значения переноса ионов Ag^+ и NO_3^- .

Решение

Исходный раствор содержал $1,13 \cdot 10^{-3}$ г/мл серебра.

В 20 мл анодного раствора (в объеме анодного отсека) масса серебра составит:

$$m = 1,13 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 2,26 \cdot 10^{-2} \text{ г.}$$

Прирост серебра в анодном отсеке:

$$m = (0,039 - 0,023) = 0,016 \text{ г серебра.}$$

Масса серебра, осажденного на катоде, составляла 0,031 г, т.е. такое же количество электричества привело бы к растворению 0,031 г серебра на аноде, поскольку серебро растворяется на аноде так же быстро, как и на катоде. Если бы не произошло попадания серебра с анода в раствор, анодный отсек потерял бы $(0,031 - 0,016) = 0,015$ г серебра.

Доля переноса для ионов серебра рассчитывается как отношение потери на круглом аноде к общему осадку:

$$t_{\text{Ag}^+} = \frac{0,015 \text{ г}}{0,031 \text{ г}} = 0,485.$$

Для нитрат-ионов из общего числа вычитаем долю серебра [6]:

$$t_{\text{NO}_3^-} = 1 - t_{\text{Ag}^+} = 1 - 0,485 = 0,515.$$

46. Кондуктометрическая ячейка имеет платиновые электроды площадью поперечного сечения $4,50 \text{ см}^2$, расположенные на расстоянии $1,72 \text{ см}$ друг от друга. Рассчитайте константу ячейки. В эту ячейку для измерения электропроводности помещают раствор соли $C_M = 0,500$ моль/дм³ и определяют электропроводность, которая равна $0,0400$ сименс [9]. Рассчитайте удельную электропроводность и молярную электропроводность раствора.

Решение

Из уравнений (4.1) и (4.2) находим $K_{\text{яч.}}$ и проводимость G , которая является величиной, обратной сопротивлению R :

$$K_{\text{яч.}} = \frac{l}{A} = \frac{1,72 \text{ см}}{4,50 \text{ см}^2} = 0,382 \frac{1}{\text{см}},$$

$$K_{\text{яч.}} = \frac{1}{R} \cdot \left(\frac{c}{n}\right) = G \cdot \left(\frac{1}{A}\right) = 0,0400 \cdot 0,382 = 1,528 \cdot 10^{-2} \frac{\text{сименс}}{\text{см}},$$

или в других единицах измерения: $K_{\text{яч.}} = 1,528 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{см}}$.

Информация о электропроводности воды в качестве растворителя в условии отсутствует, и поэтому ее можно проигнорировать. Это оправдано, поскольку концентрация соли высока и, следовательно, влияние воды на электропроводность раствора незначительно.

Константу ячейки можно вычислить через удельную электропроводность (4.3):

$$K_{\text{яч.}} = \Lambda \cdot c, \quad (4.3)$$

где $K_{\text{яч.}}$ – константа ячейки, $\text{сименс}/\text{см}^2$,

Λ – молярная электропроводность, $\text{сименс}\cdot\text{см}^2/\text{моль}$,

c – молярная концентрация, $\text{моль}/\text{дм}^3$.

Из формулы (4.3) находим молярную электропроводность:

$$\Lambda = \frac{\kappa}{c} = \frac{1,528 \cdot 10^{-2} \frac{\text{СИМЕНС}}{\text{СМ}}}{0,500 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{ДМ}^3}} = 30,56 \frac{\text{СИМЕНС}\cdot\text{СМ}^2}{\text{МОЛЬ}}$$

$$\text{Или в других единицах измерения: } \Lambda = 30,56 \frac{\text{СМ}^2}{\text{ОМ}\cdot\text{МОЛЬ}}$$

Будьте внимательны, следите за единицами измерения: $1 \text{ дм}^3 = 1000 \text{ см}^3$; $1/\text{дм}^3 = 1/1000 \text{ см}^3$; $1 \text{ дм}^{-3} = 10^{-3} \text{ см}^{-3}$.

47. Для слабой муравьиной кислоты НСООН при температуре 25°C рассчитайте предельные значения молярной электропроводности при бесконечном разбавлении, равные Λ^0 , учитывая, что предельные молярные проводимости (Λ^0) для $\text{HCl}(\text{водн.})$, $\text{NaCl}(\text{водн.})$ и $\text{НСООНa}(\text{водн.})$ составляют $426,1 \text{ см}^2/\text{моль}$, $126,4 \text{ см}^2/\text{моль}$ и $104,7 \text{ см}^2/\text{моль}$ [6].

Решение

По закону Кольрауша [4] общая молярная электропроводность раствора равна сумме молярных электропроводностей отдельных ионов:

$$\Lambda^0 = \Lambda^{0+} + \Lambda^{0-}$$

$$\Lambda_{\text{НСООН}}^0(\text{водн.}) = \Lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}^0(\text{водн.}) + \Lambda_{\text{НСОO}^-}^0(\text{водн.})$$

$$\Lambda_{\text{НСООН}}^0(\text{водн.}) = \Lambda_{\text{HCl}}^0(\text{водн.}) + \Lambda_{\text{НСООНa}}^0(\text{водн.}) - \Lambda_{\text{NaCl}}^0(\text{водн.}) = \Lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}^0(\text{водн.}) + \Lambda_{\text{Cl}^-}^0(\text{водн.}) - \Lambda_{\text{Na}^+}^0(\text{водн.}) - \Lambda_{\text{Cl}^-}^0(\text{водн.}) + \Lambda_{\text{НСОO}^-}^0(\text{водн.}) + \Lambda_{\text{Na}^+}^0(\text{водн.}) = \Lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}^0(\text{водн.}) + \Lambda_{\text{НСОO}^-}^0(\text{водн.})$$

$$\Lambda_{\text{НСООН}}^0(\text{водн.}) = (426,1 - 126,4 + 104,7) \frac{\text{СИМЕНС}\cdot\text{СМ}^2}{\text{МОЛЬ}} = 404,4 \frac{\text{СИМЕНС}\cdot\text{СМ}^2}{\text{МОЛЬ}}$$

48. Сопротивление ячейки электропроводности, содержащей $0,2 \text{ Н}$ раствор сульфата никеля, при 25°C составляет $104,3 \text{ Ом}$, в то время как сопротивление ячейки электропроводности, содержащей $0,02 \text{ Н}$ раствор хлорида калия, составляет 550 Ом при 25°C . Найдите удельную (κ) и молярную (λ) электропроводности раствора сульфата никеля, если удельная электропроводность (κ) $0,02 \text{ Н}$ раствора хлорида калия составляет $0,00277 \text{ мОм}/\text{см}$ при 25°C .

Решение

Чтобы найти константу данной ячейки (k') для раствора хлорида калия получаем по формуле (4.1):

$$550 = \frac{k'}{0,00277 \cdot \kappa}, \text{ из этого находим } k = 550 \cdot 0,00277.$$

Для раствора сульфата никеля: $104,3 = \frac{k'}{\kappa} = \frac{550 \cdot 0,00277}{\kappa}$, где κ – удельная электропроводность. Тогда получаем:

$$\kappa = \frac{550 \cdot 0,00277}{104,3} = 0,9534 \text{ Ом или } 0,0146 \frac{\text{СИМЕНС}}{\text{СМ}}$$

Поскольку раствор сульфата никеля имеет концентрацию 0,2 Н, он содержит 0,2 г эквивалента на литр, т.е. разбавление составляет $\frac{1\ 000}{0,2} = 5\ 000\ \text{см}^3$.

Следовательно, при 25 °С молярная электропроводность раствора сульфата никеля определяется выражением:

$$\Lambda = 0,0146 \cdot 5\ 000 = 7,3\ \text{Ом} \cdot \text{см}^2.$$

49. Стандартная ЭДС ячейки (E^0): $\text{Zn(тв.)}|\text{Zn}^{2+}||\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}|\text{Pt(тв.)}$ составляет 1,534 при 25 °С и 1,576 при 65 °С. Найдите K , ΔH^0 , ΔG^0 и ΔS^0 для этой реакции при 25 °С. Общая реакция равна: $\text{Zn(тв.)} + 2\text{Fe}^{3+} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2\text{Fe}^{2+}$.

Решение

Величина ЭДС и изменение энергии Гиббса для химического процесса, лежащего в основе работы гальванического элемента, связаны соотношением (4.4):

$$\Delta G = -n \cdot F \cdot \Delta E, \quad (4.4)$$

где n – количество вещества,

F – число Фарадея, 96 500 Кл.

ΔE – ЭДС гальванического элемента.

При 298,15 К:

$$\Delta G^0 = -2 \cdot 96\ 500\ \text{Кл} \cdot 1,534\ \frac{\text{В}}{\text{моль}} = -296,0\ \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

Для стандартных условий из (4.4.) получаем (4.5)

$$\Delta G^0 = -n \cdot F \cdot E^0, \quad (4.5)$$

где n – количество вещества,

F – число Фарадея, 96 500 Кл.

E^0 – ЭДС гальванического элемента при стандартных условиях.

Из формулы (4.4) можно найти энергию Гиббса при другой температуре – при 338,15 К:

$$\Delta G^0 = -2 \cdot 96\ 500 \cdot 1,576\ \text{Кл} \cdot \frac{\text{В}}{\text{моль}} = -304,1\ \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

Используя формулу (3.3), можно вывести значение константы Гиббса [7] при другой температуре равновесия 298,15 К:

$$\Delta G^0 = -R \cdot T \cdot \ln K,$$

$$-\frac{\Delta G^0}{R \cdot T} = \ln K.$$

$$K = e^{\frac{\Delta G^0}{R \cdot T}} \quad (4.6)$$

Рассчитываем ниже $\ln K$:

$$\ln K^0 = -\frac{-296,0\ \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}}{8,314 \cdot 10^{-3} \cdot 298,15\ \frac{\text{кДж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}} = 119,4\ \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

После логарифмирования этого значения из (4.6) получаем значение K .

Значение изменения энтропии в стандартных условиях находят дифференцированием формулы (3.10) в изобарных условиях:

$$\Delta S^0 = -\left(\frac{\partial \Delta G^0}{\partial T}\right)_P = \frac{[-304,1 - (-296,0)\ \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}]}{40\ \text{К}} = \frac{-8,1}{40} = -202,5\ \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}.$$

Значение изменения энтальпии в стандартных условиях находят дифференцированием формулы (3.10):

$$\Delta H^0 = \Delta G^0 + T\Delta S^0 = -296 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} - 298,15 \text{ К} \cdot 0,2025 \frac{\text{кДж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} = -356,4 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}.$$

4.2.2. Гальванические элементы. Электролиз

50. Один и тот же электрический ток пропускается через подкисленную воду и водный раствор хлорида металла X. Объем водорода, выделившегося при н. у., составил 14,8 л, а масса осажденного металла – 42 г. Удельная теплоемкость металла составляла 0,094. Найдите формулу хлорида (1 л водорода при комнатной температуре весит 0,09 г).

Решение

Масса выделившегося водорода согласно соотношению:

$$1 \text{ л} \rightarrow 0,09 \text{ г}$$

$$14,8 \text{ л} \rightarrow m \text{ г}$$

$$m = \frac{14,8 \text{ л} \cdot 0,09 \text{ г}}{1 \text{ л}} = 1,332 \text{ г}.$$

Согласно второму закону Фарадея [4] (электрохимический эквивалент $k = \left[\frac{1}{F}\right] \cdot \left[\frac{A}{z}\right]$, где z – валентность элемента A , F – постоянная Фарадея) записываем соотношение:

$$\frac{\text{Масса выделившегося водорода}}{\text{Масса выделившегося металла X}} = \frac{\text{Экв. масса водорода}}{\text{Экв. масса металла X}}.$$

Электрохимический эквивалент водорода равен 1.

$$\frac{14,8 \cdot 0,09}{42} = \frac{1}{\text{электрохим. экв. металла X}}.$$

Затем вычисляем электрохимический эквивалент металла X:

$$\text{Электрохим. экв. металла X} = \frac{42 \cdot 1}{14,8 \cdot 0,09} = 31,53.$$

Исходя из закона Дюлонга и Пти (4.7) молярная теплоемкость твердых тел при стандартных условиях $\approx 3R$ [7]:

$$C_m = \frac{dU}{dT} = 3R, \quad (4.7)$$

где C_m – молярная теплоемкость,

dU – изменение внутренней энергии,

dT – изменение температуры,

R – универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/моль · К.

Приблизительный атомный вес металла равен $\frac{6,4}{0,094} = 65$;

валентность $X = \frac{65}{31,53} \approx 2$,

тогда формула хлорида – XCl_2 .

51. Принимая следующие стандартные значения электродных потенциалов ($\varphi(\text{Pb(тв.)}|\text{Pb}^{2+}(\text{p-p})) = -0,126 \text{ В}$; $\varphi(\text{Cd(тв.)}|\text{Cd}^{2+}(\text{p-p})) = +0,403 \text{ В}$), оцените стандартный потенциал гальванического элемента в водном растворе. Рассчитайте ЭДС (E) при 25 °С, исходя из следующей записи: $\text{Pb(тв.)}|\text{Pb}^{2+}(\text{p-p}) (0,0008 \text{ М})||\text{Cd}^{2+}(\text{p-p}) (2,32 \text{ М})|\text{Cd(тв.)}$.

Для расчета используйте $R = 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$ и $F = 96\,500 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}}$ [6].

Решение

Реакция в гальваническом элементе: $\text{Cd}^0 + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{Cd}^{2+} + \text{Pb}$.

Катодная реакция $\text{Pb}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Pb}^0$, анодная реакция $\text{Cd}^0 \rightarrow \text{Cd}^{2+} + 2\bar{e}$.

Стандартный потенциал элемента $E^0 = -(-0,126 \text{ В}) - 0,403 \text{ В} = -0,529 \text{ В}$.

Используя формулу (4.5), определяем: $\Delta G^0 = -n \cdot F \cdot E^0 = -n \cdot \bar{e} \cdot F \cdot (-0,529)$. Отрицательное значение указывает на самопроизвольную реакцию! Это соответствует значениям стандартных восстановительных потенциалов. Более положительное значение E^0 связано с электродом $\text{Cd}^0(\text{тв.})|\text{Cd}^{2+}$, следовательно, в спонтанном элементе он должен выполнять функцию катода. Однако, с точки зрения сбалансированного химического уравнения, электрод $\text{Pb}^0(\text{тв.})|\text{Pb}^{2+}$ действует как катод и, следовательно, приводит к образованию самопроизвольного процесса в гальваническом элементе.

Определяем ЭДС гальванического элемента при температуре 25 °С. Электрод $\text{Cd}^0(\text{тв.})|\text{Cd}^{2+}$ находится справа в схеме гальванического элемента, это означает, что кадмиевый электрод теперь действует как катод.

Следовательно, E^0 элемента = $(+0,403 \text{ В}) - (-0,126 \text{ В}) = +0,529 \text{ В}$.

Уравнение Нернста (4.8) позволяет рассчитать ЭДС:

$$E = E^0 - \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \ln K, \quad (4.8)$$

где E – ЭДС,

E^0 – стандартный ЭДС,

R – универсальная газовая постоянная,

T – температура,

n – количество электронов,

F – число Фарадея,

K – константа реакции.

$\text{Pb}^0(\text{тв.}) + \text{Cd}^{2+}(\text{р-р}) = \text{Pb}^{2+}(\text{р-р}) + \text{Cd}^0(\text{тв.})$.

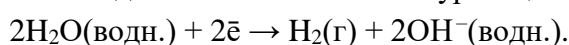
Поскольку активность $a_{\text{Pb}(\text{тв.})}$ и $a_{\text{Cd}(\text{тв.})}$ равна 1 (т. к. они оба твердые), находим из формулы (4.8) значение ЭДС:

$$E = \frac{0,529 - (8,314 \cdot 298)}{2 \cdot 96\,500} \cdot \ln \frac{0,0008}{2,32} = 0,631 \text{ В}.$$

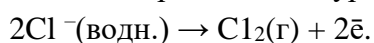
52. Хлор образуется в результате электролиза водного раствора хлорида натрия. Предполагая, что хлор является единственным веществом, образующимся на аноде, определите, сколько времени потребуется для получения 1 кг газообразного дихлора в электролизере, работающем при 950 А. (Атомная масса хлора 35,453 г/моль, $F = 96\,500$ моль/л.)

Решение

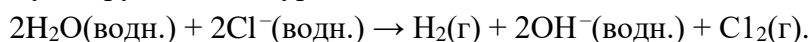
В электрохимическом ряду Na находится выше водорода, поэтому $\text{H}_2(!)$ разряжается на катоде в соответствии с полуреакцией:



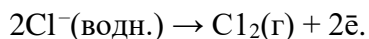
На аноде протекает полуреакция:



Суммируем эти полуреакции:



В этом вопросе все, что необходимо учитывать, – это анодная полуреакция:



$2F \rightarrow 1$ моль хлора (газ); $1F \rightarrow 0,5$ моль хлора (газ).

Тогда масса хлора, выделившаяся в процессе электролиза, составляет

$$m = 0,5 \cdot (35,453 \cdot 2) = 35,453 \text{ г.}$$

Количество электричества составит:

$$35,453 \text{ г} \rightarrow 96\,500 \text{ Кл};$$

$$1 \text{ г} \rightarrow \frac{96\,500}{35,453} \text{ Кл} = 2\,721,9135 \text{ Кл.}$$

$$1 \text{ кг} = 1\,000 \text{ г} \rightarrow 2\,721\,913,5 \text{ Кл.}$$

Закон Джоуля – Ленца (4.9):

$$Q = I \cdot t, \tag{4.9}$$

где Q – теплота;

I – сила тока, А;

t – время, с.

Из формулы (4.9) находим время проведения электролиза:

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{2\,721\,913,5}{950} \text{ с} = \frac{2\,865,172}{60} = 47,75 \text{ мин.}$$

Раздел 5. КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

5.1. Аудиторные задания по разделу 5

5.1.1. Задание к лабораторному занятию 11

1. Вычислить поверхностное натяжение раствора уксусной кислоты, поверхностную активность, адсорбцию по Гиббсу при концентрации $0,03$ кмоль/ м^3 ; поперечное сечение молекулы, ее длину, если поверхностное натяжение воды – $0,072$ Н/м, константа «а» уравнения Шишковского – $0,025$ Н/м, константа «в» – 15 $\text{м}^3/\text{кмоль}$, плотность 800 $\text{кг}/\text{м}^3$, температура – 20 °С.

2. Какие из ионов: калий, натрий, йодид, сульфат, алюминий, железо (3+), нитрат, или хлорид – будут лучше адсорбироваться на поверхности:

- а) йодида серебра,
- б) сульфата бария?

3. Вычислить величину адсорбции по Ленгмюру, если предельная величина адсорбции равна $1 \cdot 10^{-5}$ моль/ м^2 , константа «в» равна 15 л/моль, концентрация адсорбтива – $0,2$ моль/л.

4. Вычислить величину адсорбции по Фрейндлиху, если константа «к» равна $6 \cdot 10^{-5}$ моль/ м^2 , константа «n» равна $1,5$, концентрация адсорбтива $0,12$ моль/л.

5. Рассчитать величину адсорбции по БЭТ, если $\Gamma_0 = 0,3$ моль/кг, константа «С» = 25 , величина относительного давления газа – $0,1$.

6. Начертить пять типов изотерм адсорбции согласно классификации теории БЭТ, дать понятие о моно- и полимолекулярной адсорбции. Перечислить силы, ответственные за физическую и химическую адсорбции.

5.1.2. Задание к лабораторному занятию 12

1. Смещение частиц коллоидного золь при электрофорезе за 1 час составило 2 см. Разность потенциалов на электродах – 40 В при расстоянии между ними 0,3 м. Диэлектрическая проницаемость жидкости – 80, вязкость – $0,001$ Н · с/ м^2 . Вычислить электрокинетический потенциал.

2. При исследовании электроосмоса скорость движения жидкости составила 1 мкм в секунду. Расстояние между электродами – 0,3 м, разность потенциалов 6 В, диэлектрическая проницаемость растворителя – 80, вязкость – $0,001$ Н · с/ м^2 . Вычислить электрокинетический потенциал на границе раздела фаз.

3. Рассчитать радиус частиц оксида металла, если оптическая плотность суспензии в кювете толщиной 5 см равна 0,5 при длине волны света 550 нм. Весовое содержание дисперсной фазы равно $0,0006$ г/ см^3 , плотность вещества – 4 г/ см^3 , коэффициент преломления вещества – 2,4, коэффициент преломления жидкости – 1,33.

4. Вычислить скорость седиментации частиц дисперсной фазы, если радиус частиц составляет 3 мкм, плотность вещества дисперсной фазы $2\,200$ $\text{кг}/\text{м}^3$, плотность среды – $1\,000$ $\text{кг}/\text{м}^3$, вязкость среды – $0,001$ Н · с/ м^2 . Определить время, за которое частица осядет на 20 см.

5. Найти величину смещения коллоидных частиц при броуновском движении, если частицы имеют радиус 0,02 мкм и 2 мкм, время наблюдения – 30 с, температура – 30 °С, величина вязкости среды – 0,001 Н · с/м².

5.1.3. Задание к лабораторному занятию 13

1. Определить число частиц, поверхность раздела фаз, избыток энергии системы, избыточное давление жидкости в отдельной капле и избыточное давление насыщенного пара частиц дисперсной фазы, если система представляет собой капли ртути общей массой 15 г с поверхностным натяжением 0,475 Н/м, плотностью вещества 13 500 кг/м³ и радиусом частиц 0,02 мкм. Давление насыщенного пара над плоской поверхностью равно 0,4 Па.

2. Рассчитать поверхностное натяжение растворов уксусной кислоты при температуре 18 °С и концентрациях: 0 – 0,03 – 0,06 – 0,12 – 0,24 кмоль/м³, если поверхностное натяжение растворителя равно 0,072 Н/м, константа «в» в уравнении Шишковского равна 15 м³/кмоль, длина молекулы ПАВ составляет 0,7 нм, плотность вещества ПАВ – 880 кг/м³. Построить график: натяжение – концентрация, определить максимальную адсорбцию, площадь, приходящуюся на моль вещества и на одну молекулу, а также поверхностную активность и адсорбцию по Гиббсу при С = 0,03 кмоль/м³.

3. Константы уравнения Ленгмюра равны: $\Gamma_{\text{макс.}} = 1 \cdot 10^{-5}$ моль/м², $v = 10$ л/моль. Вычислить величины адсорбции при концентрациях: 0 – 0,05 – 0,2 – 0,8 – 1,6 моль/л и построить график.

4. Для адсорбции и концентрации имеются данные:

концентрация, моль/л	0,025	0,1	0,4	0,8
адсорбция, моль/м ²	$0,1 \cdot 10^{-6}$	$0,21 \cdot 10^{-6}$	$0,42 \cdot 10^{-6}$	$0,59 \cdot 10^{-6}$

Построить линейную форму графика уравнения Фрейндлиха и найти его константы.

5. Поверхностное натяжение раствора некоторого ПАВ дано в таблице:

концентрация, моль/л	0	0,03	0,06	0,12	0,25	0,5
поверхностное натяжение, мДж/м ²	72	69	61	52	44	38

Построить по этим данным график зависимости поверхностного натяжения от концентрации, графически преобразовать его в график зависимости адсорбции от концентрации, оценить величины «в» и « $\Gamma_{\text{макс}}$ » для последнего графика, полагая, что это – изотерма Ленгмюра.

5.2. Задачи и решение

5.2.1. Поверхностные явления. Адсорбция

53. При температуре – 80 °С образец древесного угля адсорбирует азот в следующих количествах (m) при указанных давлениях:

p (мм рт.ст.)	125	500	∞
m, г	0,103	0,194	0,275

Предполагая, что молекула азота занимает площадь около 10^{-15}см^2 и что число Авогадро равно $6 \cdot 10^{23}$, рассчитайте площадь поверхности образца.

Решение

Пусть площадь поверхности равна A в см^2 .

Масса адсорбируемого вещества, если предположить, что поверхность покрыта монослоем, составляет 0,275 г. Это $\frac{0,275}{28}$ моль азота или $\frac{0,275}{28} \cdot 10^{23} \cdot 6$ отдельных молекул. Площадь, занимаемая этими молекулами в плотно упакованном монослое, составляет A см^2 .

$$A = \frac{(10^{-15} \cdot 10^{23} \cdot 6 \cdot 0,2756)}{28} = 5,9 \cdot 10^6 \text{см}^2.$$

54. Когда $5,2 \cdot 10^{-5}$ г стеариновой кислоты ($M = 284$ г/моль) помещали на воду в виде поверхностной пленки, пленку можно было сжать до площади 225см^2 , прежде чем сила сопротивления быстро возрастет. Найдите площадь, занимаемую одной молекулой в плотно упакованном монослое.

Решение

$5,2 \cdot 10^{-5}$ г. стеариновой кислоты содержат:

$$\frac{5,20 \cdot 10^{-5}}{284} = \frac{5,20 \cdot 10^{-5} \cdot 6 \cdot 10^{23}}{284} \text{ отдельных молекул, } N_0 = \text{число Авогадро.}$$

Общая занимаемая площадь составляет 225см^2 .

$$\text{Площадь на одну молекулу} = \frac{225 \cdot 284}{5,20 \cdot 10^{-5} \cdot 6 \cdot 10^{23}} = 20,5 \cdot 10^{16} \text{см}^2.$$

55. Если узкую стеклянную трубку опустить вертикально в жидкость, уровень жидкости в трубке повысится. В некоторых случаях жидкость не смачивает стекло полностью, а образует угол θ между его мениском и поверхностью стекла. Этот угол известен как угол смачивания. Найдите угол θ при использовании формулы (5.1).

Решение

Поверхностное натяжение γ , которое определяется как поверхностная энергия на единицу площади, определяется формулой (5.1) [2]:

$$\gamma = \frac{r \cdot h \cdot \rho \cdot g}{2 \cos \theta}, \quad (5.1)$$

где r – внутренний радиус трубки;

h – высота, на которую поднимается жидкость;

ρ – плотность жидкости;

g – ускорение под действием силы тяжести, константа, имеющая значение $9,81 \text{ м/с}^2$.

У ртути, т.к. уровень жидкости в трубке падает, значение h отрицательно. Поверхностное натяжение γ ртути составляет $0,4355 \text{ Н/м}$, а ее плотность – $13,53 \text{ г/см}^3$. В трубке радиусом 1 мм уровень ртутного столба падает на $6,55 \text{ мм}$.

Перевод каждой из этих величин в базовые единицы измерения (СИ) дает:

$$\gamma = 0,4355 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 0,4355 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}} = 0,4355 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}.$$

$$r = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}.$$

$$h = -6,55 \text{ мм} = -6,55 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

$$\rho = 13,53 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 13,53 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot (10^{-2} \text{ м})^{-3} = 13,53 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 13,53 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Приведенное выше уравнение для определения поверхностного натяжения можно изменить, умножив каждую сторону на $\cos \theta$, чтобы получить:

$$\gamma \cos \theta = \frac{r \cdot h \cdot \rho \cdot g}{2}. \text{ Затем разделим каждую сторону на } \gamma, \text{ и получится}$$

$$\cos \theta = \frac{r \cdot h \cdot \rho \cdot g}{2\gamma}.$$

Подставляя приведенные выше значения, получаем

$$\cos \theta = \frac{10^{-3} \cdot (-6,55 \cdot 10^{-3}) \cdot 13,53 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81}{2 \cdot 0,4355} \cdot \frac{\text{М} \cdot \text{М} \cdot \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} \cdot \frac{\text{М}}{\text{С}^2}}{\frac{\text{КГ}}{\text{С}^2}}.$$

Все единицы измерения в этом выражении сокращаются, так что числовые величины могут быть объединены для получения $\cos \theta = -0,9981$.

Затем используется обратная тригонометрическая функция, которая дает значение \cos^{-1} :

$$\cos \theta = \cos^{-1}(-0,9981) = 176.$$

56. Оценка теплоты (энтальпии) адсорбции по уравнению Клаузиуса – Клапейрона дала следующие результаты, которые относятся к адсорбции азота на графитированном образце технического углерода и дают соотношение давлений азота при температурах 90 К и 77 К, требующееся для достижения заданной степени адсорбции:

Количество адсорбированного диазота ($n = V/V_m$)	0,4	0,8	1,2
$P(90 \text{ К}) / P(77 \text{ К})$	14,3	17,4	7,8

Рассчитайте, используя уравнение Клаузиуса – Клапейрона, постоянную энтальпию (теплоту) адсорбции для каждого значения $\frac{V}{V_m}$ и прокомментируйте полученные значения.

Решение

Используя уравнение (2.3) Клаузиуса – Клапейрона [2], находим $\Delta H_{\text{адс.}}$:

$$\frac{d \cdot \ln P}{dT} = \frac{-\Delta H_{\text{адс.}}}{RT^2}, \text{ интегрируем:}$$

$$\int_{P_1}^{P_2} d \cdot \ln P = \frac{-\Delta H_{\text{адс.}}}{R} \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T^2},$$

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{-\Delta H_{\text{адс.}}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right),$$

$$\Delta H_{\text{адс.}} = \frac{\ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)}{\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)}.$$

Используя значения $T_1 = 77 \text{ К}$ и $T_2 = 90 \text{ К}$ и соответствующие соотношения давлений, имеющиеся в задаче, можно рассчитать теплоту адсорбции (в кДж/моль) при трех значениях доли покрытия поверхности $\frac{V}{V_m}$: $-11,79$, $-12,66$, $-9,104$.

Эти значения (два значения теплоты адсорбции – около 11 кДж/моль и 9 кДж/моль) указывают на многослойную физическую адсорбцию.

57. Вода является типичной средой в коллоидной химии. Рассмотрим два иона Cl^- и Na^+ , находящихся в контакте ($r = 0,276$ нм), а также на расстоянии $r = 56$ нм. Рассчитайте потенциальную энергию взаимодействия ионов на обоих расстояниях в вакууме и в воде. (Примечание. При температуре 25°C относительная диэлектрическая проницаемость воды равна $\varepsilon = 78,41$; в вакууме $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ Кл²/Дж·м.) Пересчитайте потенциальную энергию в Дж (на молекулу), в кДж/моль и в долях К_БТ (при комнатной температуре), где К_Б – постоянная Больцмана. Как эти энергии соотносятся с кинетической энергией (1,5 К_Б Т) и энергией образования водородных связей (≈ 20 кДж/моль)?

Решение

Межмолекулярные и межчастичные связи можно представить через функцию потенциальной энергии – расстояния – $V(r)$, которая связана с силой взаимодействия $F(r) = -dV(r)/dr$ (знак минус обозначает силы притяжения, а знак плюс – силы отталкивания).

Для расчета используем уравнение Кулона (5.2) [7]:

$$V_{1,2} = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi \cdot \varepsilon^0 \cdot \varepsilon \cdot r} = \frac{(Z_1 \cdot Z_2)^2}{4\pi \cdot \varepsilon^0 \cdot \varepsilon \cdot r} \bar{e}^2, \quad (5.2)$$

где $V_{1,2}$ – частицы,

$q_1 \cdot q_2$ – заряды частиц,

ε – диэлектрическая проницаемость среды,

r – расстояние между частицами,

$Z_1 \cdot Z_2$ – заряды ионов,

\bar{e} – заряд электрона.

Используя уравнение (5.2), имеем:

Для NaCl: $Z_1 = +1$, $Z_2 = -1$.

В расчетах требуются значения постоянной Больцмана: $K_B = 1,381 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ и числа Авогадро: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$.

Для вакуума: при $r = 0,276$ нм = $0,276 \cdot 10^{-9}$ м получаем:

$$V_{1,2} = -8,36 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \quad \text{или} \quad \text{после умножения на число Авогадро} \\ V_{1,2} = -503 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

$$V_{1,2} = 503 \cdot 1,5 \text{ К}_B \text{ Т} = 135 \cdot E_{\text{кинет.}}$$

$$V_{1,2} = 503 \cdot 1,5 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Т} = 135 \text{ Т} \cdot E_{\text{кинет.}}$$

При $r = 56$ нм = $0,56 \cdot 10^{-9}$ м получаем:

$$V_{1,2} = -0,0414 \cdot 10^{-19} \text{ Дж, или } -2,49 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}, \text{ что примерно равно К}_B \text{ Т.}$$

Для воды:

При $r = 0,276$ нм:

$$V_{1,2} = -0,106 \cdot 10^{-19} \text{ Дж, или } -6,38 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}, \text{ около } 2,6 \text{ К}_B \text{ Т.}$$

При $r = 56$ нм:

$$V_{1,2} = -0,0005279 \cdot 10^{-19} \text{ Дж, или } -0,03 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}, \text{ около } 0,0127 \text{ К}_B \text{ Т.}$$

Силы при контакте очень велики (они намного превышают кинетическую энергию), и поэтому они доминируют в случае вакуума. Однако они резко уменьшаются с увеличением расстояния или когда соль находится в полярной среде, такой как вода, и это объясняет, почему NaCl легко диссоциирует на ионы в воде. Кинетическая энергия составляет $1,5 \text{ КБТ}$ (на молекулу) = $1,5RT$ (на моль) и при $25 \text{ }^\circ\text{C}$ равна:

$$6,17 \cdot 10^{-21} \frac{\text{Дж}}{\text{молекула}}, \text{ или } 37,156 \cdot 10^2 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}, \text{ или } 3,7 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

58. Коллоиды в дисперсии находятся в постоянном движении из-за броуновского движения. Сколько примерно времени требуется молекуле гемоглобина, чтобы переместиться на 100 мкм вдоль данной оси при $20 \text{ }^\circ\text{C}$, если его коэффициент диффузии при этой температуре $D = 6,9 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ [2]?

Решение

Рассматривая броуновское движение как трехмерное «случайное блуждание», Эйнштейн вывел важное уравнение для среднего броуновского перемещения частицы из ее первоначального положения вдоль заданной оси в зависимости от времени (τ) и коэффициента диффузии (D) (5.3):

$$\bar{x} = 2D \cdot \tau. \quad (5.3)$$

Расчет проводим по формуле (5.3), подставляя данные, и находим время:

$$\tau = \frac{\bar{x}^2}{2D} = \frac{(100 \cdot 10^{-6})^2 \text{ м}^2}{2 \cdot 6,9 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}} = 72,5 \text{ с}.$$

59. Полимерная смесь содержит два полимера, один из которых имеет молекулярную массу $100\,000$, а другой – молекулярную массу $60\,000$. Оба компонента присутствуют в эквимольной концентрации. Рассчитайте среднее количество \overline{M}_n и среднюю молекулярную массу \overline{M}_w по весу.

Решение

Средняя молекулярная масса рассчитывается по формуле (5.4):

$$\overline{M}_n = \frac{n_1 M_1 + n_2 M_2}{n_1 + n_2}, \quad (5.4)$$

где n_1 и n_2 – концентрация полимеров,

M_1 и M_2 – молекулярные массы полимеров.

Расчет средней молекулярной массы полимера проводим по формуле (5.4):

$$\frac{1 \cdot 100\,000 + 1 \cdot 60\,000}{1 + 1} = \frac{160\,000}{2} = 80\,000.$$

Среднее значение молекулярной массы полимерной смеси рассчитывают также по формуле (5.4), учитывая состав смеси как сумму ее компонентов:

$$\overline{M}_w = \frac{\sum n_i M_i^2}{\sum n_i M_i}.$$

Подставив данные, получаем:

$$\overline{M}_w = \frac{1 \cdot (100\,000)^2 + 1 \cdot (60\,000)^2}{(1 \cdot 100\,000) + (1 \cdot 60\,000)} = 85\,000.$$

60. В зимний сезон на полку ставят банку с недавно размешанной краской. Краска содержит только один тип пигмента, TiO_2 , со средним размером частиц 0,2 мкм и плотностью 4 230 кг/м³. Плотность жидкой фазы (в основном связующего и растворителя) составляет 1 200 кг/м³, а вязкость – 1 кг/м·с. Рассчитайте скорость осаждения частиц пигмента в верхних слоях краски при их перемещении ко дну банки с краской, высота которой составляет 20 см. Затрудненным осаждением (взаимодействием частиц) можно пренебречь.

Решение

Для расчета скорости используем закон Стокса (5.5):

$$v = \frac{(\rho_{\text{TiO}_2} - \rho_{\text{средн.}})d_p^2}{18\eta_{\text{средн.}}}, \quad (5.5)$$

где η – вязкость,

ρ – плотность,

d – диаметр частиц.

Тогда скорость осаждения частиц краски (v) определяется формулой (5.5):

$$v = \frac{(\rho_{\text{TiO}_2} - \rho_{\text{средн.}})d_p^2}{18\eta_{\text{средн.}}} = \frac{(0,2 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 9,81 \cdot (4\,230 - 1\,200) \frac{\text{м}^3 \cdot \text{с}^2 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{\frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}}}}{18 \cdot 1} = 6,6 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Это очень низкая скорость осаждения, обусловленная малым размером частиц и довольно большой вязкостью (по сравнению, например, с водой). Это значение довольно неопределенно, и отложение осадков под действием силы тяжести не будет представлять практической проблемы в течение зимы.

61. Следующие данные получены в результате измерения дзета-потенциала в водной суспензии частиц каолина при температуре 25 °С:

- диаметр сферических частиц – 0,5 мкм;
- концентрация NaCl в воде – 0,003 М;
- перемещение частицы – 360 мкм;
- время перемещения частицы – 4,6 с;
- потенциал поля в 10-сантиметровой ячейке – 200 В.

Дзета-потенциал частицы электролита в соотношении 1 : 1 = $\frac{1}{\kappa} = \frac{0,304}{\sqrt{Cm}}$.

Кроме того, для параметра f коррекции уравнения Генри ($\psi_0 = \frac{1,5\mu\eta}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot f \cdot \kappa \cdot R}$)

доступны следующие значения для различных значений κR ($\frac{1}{\kappa}$ – дебаевская длина, R – радиус частицы):

κR	$f(\kappa R)$	κR	$f(\kappa R)$
0	1,000	5	1,160
1	1,027	10	1,239
2	1,066	25	1,370
3	1,101	100	1,460
4	1,133	∞	1,500

1. Рассчитайте электрофоретическую подвижность коллоидных частиц.
2. Дайте оценку дзета-потенциала частиц и приведите пример того, как можно изменить дзета-потенциал.
3. Кратко объясните роль дзета-потенциала в изучении стабильности коллоидной дисперсии.
4. Дзета-потенциал часто имеет меньшее значение в системах с органическими растворителями. Объясните, почему и как можно стабилизировать суспензию каолина в растворе органического растворителя.

Решение

Мобильность (μ) можно рассчитать по формуле (5.6):

$$\mu = \frac{u}{E}, \quad (5.6)$$

где u – скорость,

E – заряд на расстоянии d .

Скорость – это расстояние во времени (5.7):

$$u = \frac{d}{\tau}, \quad (5.7)$$

где u – скорость,

d – расстояние,

τ – время.

Комбинируя эти два уравнения, получаем:

$$\mu = \frac{d}{\tau \cdot E} = \frac{360 \cdot 10^{-6}}{4,6 \cdot \frac{200}{0,1}} \frac{\text{м}}{\text{с} \cdot \left(\frac{\text{В}}{\text{м}}\right)} = 3,913 \cdot 10^{-8} \frac{\text{м}^2}{\text{с} \cdot \text{В}},$$

$$\frac{1}{\kappa} = \frac{0,304}{\sqrt{Cm}} = \frac{0,304}{\sqrt{0,003}} = 5,55 \text{ нм},$$

$$\frac{1}{\kappa} = 5,55 \text{ нм}, \quad \kappa = \frac{1,802 \cdot 10^8}{\text{м}}, \text{ следовательно, } \kappa R = 45,05.$$

Поскольку значение κR не ниже 0,1 и не выше 100, мы не можем использовать уравнения Хюккеля или Смолуховского для оценки поверхностного или дзета-потенциала.

Уравнение Генри с корректирующим параметром f (5.8) можно использовать для определения дзета-потенциала, который получают из имеющихся данных (путем интерполяции).

$$\psi_0 = \frac{1,5\mu \cdot \eta}{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot f \cdot \kappa R}, \quad (5.8)$$

где ψ – дзета-потенциал,

μ – мобильность,

η – константа Генри,

ϵ_0 – стандартная диэлектрическая проницаемость,

ϵ – диэлектрическая проницаемость,

f – корректирующий параметр,

κR – размер частицы.

$$\psi_0 = \frac{1,5\mu \cdot \eta}{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot f \cdot \kappa R} = \frac{1,5 \cdot 3,913 \cdot 10^{-8} \cdot 0,00089 \frac{\text{м}^2}{\text{с} \cdot \text{В}} \left(\frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}}\right)}{78,5 \cdot (8,854 \cdot 10^{-12}) \cdot 1,39 \frac{\text{Кл}}{\text{Дж} \cdot \text{м}}} = 0,054 \text{ В} = 54,1 \text{ мВ}.$$

2. Дзета-потенциал может быть изменен, например, путем адсорбции ионных поверхностно-активных веществ со- или противоионами. Неионные поверхностно-активные вещества также могут изменять дзета-потенциал косвенно, перемещая «плоскость сдвига» еще дальше.

3. Дзета-потенциал является мерой потенциала на поверхности частицы. Чем выше значение дзета-потенциала, тем выше силы отталкивания и тем лучше стабильность коллоидной системы. Стабильность и сила отталкивания, конечно, зависят и от других факторов, особенно от толщины слоя Дебая (двойного слоя). Значения дзета-потенциала выше 50 мВ могут обеспечить хорошую стабильность при концентрациях электролита около 0,1 – 0,01 моль/л.

4. Суспензию каолина в органическом растворителе можно стабилизировать стерически, т.е. с помощью полимеров (или олигомеров), которые должны сильно адсорбироваться и полностью покрывать частицы и, кроме того, быть растворимыми (внешняя часть полимеров) в органическом растворителе.

62. Напишите математическое выражение для правила Шульце – Гарди, т.е. укажите показатель степени для заряда иона z .

Для водной дисперсии положительно заряженных частиц Al_2O_3 измерены следующие значения критической концентрации коагулянта: 0,63 ммоль/л – $K_2Cr_2O_7$ и 49,8 ммоль/л $NaCl$. Приведите оценку для той же дисперсии при использовании соли $K_3[Fe(CN)_6]$. Какая из трех солей обеспечивает наиболее стабильную дисперсию [1]?

Решение

Правило Шульце – Гарди гласит, что критическая концентрация коагулянта сильно зависит от валентности противоиона и обратно пропорциональна шестой степени заряда (z) противоиона (5.9):

$$c_{\text{крит.}} = \frac{k}{z^6}, \quad (5.9)$$

где $c_{\text{крит.}}$ – критическая концентрация коагулянта,

k – коэффициент пропорциональности,

z – заряд иона.

Например, для Al_2O_3 , для одновалентных электролитов $= k/1x$, т.е. коэффициент пропорциональности k равен 49,8 ммоль/л.

Тогда для двухвалентного электролита имеем:

$$k = \frac{49,8 \text{ ммоль}}{2x \text{ л}} = 0,54 \frac{\text{ммоль}}{\text{л}}, \text{ что приводит к значению } x, \text{ равному } 6,5.$$

Аналогично для трехвалентного электролита находим:

$k = \frac{49,8 \text{ ммоль}}{3x \text{ л}} = 0,08 \frac{\text{ммоль}}{\text{л}}$, что приводит к значению x , равному примерно 5,9. Среднее значение показателя степени x составляет около 6.

Правило дает для электролита в соотношении 1 : 2 значение (противоионная валентность + 2), равное $0,0156 \cdot 49,8 = 0,7788$ ммоль/л, что довольно близко к значению, указанному в задаче. Таким образом, для электролита в соотношении 1 : 3 значение будет равно $\left(\frac{1}{3^6}\right) \cdot 49,8 = 0,067 \frac{\text{ммоль}}{\text{л}}$, т.е. приблизительно 0,06 ммоль/л. Соотношение электролита 1 : 1 обеспечивает наиболее стабильную дисперсию.

63. Пузырьки в мыльной пене, как правило, многогранные. С помощью лабораторного теста было измерено количество пены, и оно составило 4. Какова объемная доля газа в этой пене? Соответствует ли рассчитанное вами число характеристике пенопласта?

Решение

Из определения пены [1] следует (5.10):

$$F = \frac{V_{\text{ж}} + V_{\text{г}}}{V_{\text{ж}}} = 1 + \frac{V_{\text{г}}}{V_{\text{ж}}}, \quad (5.10)$$

где F – доля пузырьков,

$V_{\text{ж}}$ – объем жидкости,

$V_{\text{г}}$ – объем пузырьков в газе.

При перестановке это дает: $V_{\text{г}} = (F - 1) V_{\text{ж}}$.

Из определения объемной доли следует, что:

$$\varphi_{\text{г}} = \frac{V_{\text{г}}}{V_{\text{г}} + V_{\text{ж}}} = \frac{1}{1 + \frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{г}}}}$$

Объединение двух последних уравнений дает:

$$\varphi_{\text{г}} = \frac{1}{1 + \frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{г}}}} = \frac{1}{1 + \frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{ж}}(F-1)}} = \frac{(F-1)}{F}.$$

$$\varphi_{\text{г}} = (F = 4) = \frac{(F-1)}{F} = \frac{(4-1)}{4} = 0,75 = 75 \%$$

В полиэдральной пене объемная доля газа выше 70 %, и поэтому пенопласт тоже будет иметь многогранные пузырьки.

64. Какой должна быть скорость ультрацентрифуги, чтобы граница была связанная с осаждением частиц с молекулярной массой 60 000 г/моль от $r_1 = 6,314$ см до $r_2 = 6,3167$ см за 10 минут? Плотности частицы и среды составляют 0,728 и 0,998 г/см³, а коэффициент трения молекулы составляет $5,3 \cdot 10^{-11}$ кг/с [7].

Решение

Сначала мы вычисляем массу частицы:

$$m = \frac{60\,000}{6,02 \cdot 10^{23}} = 9,97 \cdot 10^{-20} \frac{\text{г}}{\text{молекула}} = 9,97 \cdot 10^{-23} \frac{\text{кг}}{\text{молекула}}$$

Уравнение для седиментации (5.11) позволяет нам рассчитать коэффициент седиментации (s):

$$s = \frac{m}{f} \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_2} \right), \quad (5.11)$$

где ρ_1 и ρ_2 – плотности коллоидной частицы и среды,

m – масса,

f – фактор седиментации.

$$s = \left(\frac{9,97 \cdot 10^{-23}}{5,3 \cdot 10^{-11}} \right) \left(1 - \frac{0,998}{0,728} \right) = 6,98 \cdot 10^{-13} \text{ с.}$$

Из уравнения (5.12) находим скорость седиментации:

$$\omega^2 = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{s \cdot (t_2 - t_1)}, \quad (5.12)$$

где ω – скорость седиментации,

r_1 и r_2 – радиус частиц,

t_1 и t_2 – время седиментации,

s – седиментация.

$$\omega^2 = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{s(t_2 - t_1)} = 1,997 \cdot 10^{-7} \frac{1}{c^2}.$$

После извлечения квадратного корня $\omega = 4,47 \cdot 10^3 \frac{\text{рад.}}{c}$ и при делении на 2π это значение преобразуется в число оборотов в секунду: $\omega = 711$ оборотов в секунду, или 42 700 оборотов в минуту.

65. Коэффициенты Марка – Гувинка для полимерного раствора определяются эмпирически. Молекулярные массы различных препаратов поликапролактама были определены с помощью анализа конечных групп; характерные вязкости различных фракций м-крезола были измерены при 25 °С:

$M \cdot 10^{-3}$	3,50	4,46	7,69	13,0	17,6	21,6	30,8
$[\eta] \left(d \frac{\text{л}}{\text{г}}\right)$	0,36	0,43	0,61	0,87	1,10	1,25	1,59

Определите значения k и a , которые соответствуют этим данным.

Решение

Путем вычисления логарифмов уравнения (5.13) получается линейная форма (5.14):

$$[\eta] = k \cdot M^a, \quad (5.13)$$

где $[\eta]$ – коэффициент Гувинка,

k – коэффициент седиментации,

M – молярная масса,

a – коэффициент.

$$\ln[\eta] = \ln k + a \cdot \ln M. \quad (5.14)$$

Можно с помощью построения графика рассчитать величины a и k по наклону и пересечению с осью координат.

Альтернативно можно провести анализ данных методом наименьших квадратов. Когда это выполняется с использованием логарифмов приведенных выше результатов, оказывается, что $a = 0,683$ и $\ln k = -6,593$, или $k = 1,37 \cdot 10^{-3}$. Единицы измерения k соответствуют единицам концентрации « $\frac{\text{л}}{\text{г}}$ ». Этот результат можно инвертировать, чтобы получить прямое значение:

$$M : M = 1,51 \cdot 10^4 [\eta]^{1,46}.$$

66. Вычислите радиус, объем и площадь поверхности ядра мицеллы, образованного в результате агрегации додецильных групп. Полностью вытянутая цепочка имеет зигзагообразную структуру с углами $109,5^\circ$, а длина углерод-углеродной связи составляет 0,154 нм. Ван-дер-Ваальсовый радиус концевой метильной группы равен 0,21 нм, а 0,06 нм можно принять за половину длины соединения с полярной головкой.

Решение

Радиус сферической сердцевины равен длине полностью вытянутого углеводородного волокна, хвост состоит из 12 атомов углерода, соединенных 11 связями, каждая из которых имеет длину 0,154 нм. Необходимо сложить вместе проекции длин этих связей вдоль направления цепочки. Расстояние между всеми остальными атомами

углерода в полностью вытянутой цепи – основание треугольника, противоположное четырехгранному углу, – определяется законом косинусов (5.15):

$$a = (b^2 + c^2 - 2bc \cos \theta)^{0,5}, \quad (5.15)$$

где a, b, c – стороны треугольника,

$\cos \theta$ – косинус угла в треугольнике.

$$a = [(2)(0,154)^2(1 - \cos 109,5^\circ)]^{0,5} = 0,252 \text{ нм.}$$

Половина этого значения составляет проекцию каждой связи по длине цепи; сумма этих проекций равна $(11) \cdot \left(\frac{252}{2}\right) = 1,39 \text{ нм.}$

Суммируя значения двух концов, получаем радиус сферы:

$$1,39 + 0,21 + 0,06 = 1,66 \text{ нм.}$$

Можно рассчитать объем:

$$V = \left(\frac{4}{3}\right) \pi \cdot 1,66^3 = 19,1 \text{ нм}^3.$$

Площадь поверхности ядра составляет:

$$A = 4\pi \cdot 1,66^2 = 34,5 \text{ нм}^2.$$

67. Энергия Гиббса и энтропия изменяются в результате мицеллообразования. При 25°C критическая концентрация мицелл (ККМ) додецилсульфата натрия составляет $8,1 \cdot 10^{-3}\text{M}$. Анализ изменения температуры ККМ в соответствии с уравнением $K = \frac{a_{\text{миц.}}}{a_s^n \cdot a_M^m}$ (при $m = 0$) и уравнением Гиббса дает значение $\Delta H^\circ_{\text{миц.}} = 2,51 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$. Исходя из этих данных, рассчитайте $\Delta G^\circ_{\text{миц.}}$. Опустите связывание противоионов, приняв $m = 0$.

Решение

Переводим молярность в единицы концентрации мольной доли:

$$x = \frac{8,1 \cdot 10^{-3} \text{ M}}{55,5 \text{ M}} = 1,46 \cdot 10^{-4}.$$

Из уравнений (3.10) и (4.6) применительно к образованию мицелл можно найти:

$$\Delta G^\circ_{\text{миц.}} = (8,314) \cdot (298) \cdot \ln 1,46 \cdot 10^{-4} = -21,9 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}},$$

$$\Delta S^\circ_{\text{миц.}} = \frac{\Delta H^\circ_{\text{миц.}} - \Delta G^\circ_{\text{миц.}}}{T} = \frac{2,51 - (-21,9)}{298} = 65,1 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}.$$

Обратите внимание, что величина $(T\Delta S^\circ_{\text{миц.}})$ составляет около 90 % от значения $\Delta G^\circ_{\text{миц.}}$.

Раздел 6. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Задание: выберите один из предложенных вариантов ответа.

6.1. Термодинамические системы

1. Термодинамическое свойство – это физическая величина:

- а) используемая в термохимии,
- б) подчиняющаяся всем законам термодинамики,
- в) используемая для определения состояния системы,
- г) используемая для измерения изменения температуры.

2. *Не является* термодинамическим свойством системы:

- а) H – энтальпия;
- б) P – давление;
- в) E – энергия;
- г) W – работа.

3. Из перечисленных ниже сосудов лучше всего подходит для хранения газа при изотермическом процессе:

- а) стеклянный сосуд,
- б) деревянный сосуд,
- в) медный сосуд,
- г) термос.

4. Внутренняя энергия идеального газа увеличивается во время изотермического процесса, когда газ:

- а) расширяется за счет добавления к нему большего количества молекул;
- б) расширяется за счет добавления к нему большего количества тепла;
- в) расширяется при нулевом давлении;
- г) сжимается путем выполнения над ним работы.

5. Максимальная работа, которую может совершить газ, если ему дать возможность изотермически расширяться в условиях:

- а) вакуума,
- б) высокого давления окружающей среды,
- в) низкого давления окружающей среды,
- г) атмосферного давления.

6. Изменение ΔU при переходе системы из состояния «А» в «В» составляет 40 кДж/моль. Определите суммарное изменение ΔU , если система переходит из состояния «А» в состояние «В» обратимым путем и возвращается в состояние «А» необратимым путем:

- а) 40 кДж,
- б) > 40 кДж,
- в) < 40 кДж,
- г) ноль.

7. Считается, что система находится в термодинамическом равновесии с окружающей средой, если:

- а) она находится только в тепловом равновесии с окружающей средой;
- б) она находится как в тепловом, так и в химическом равновесии с окружающей средой;
- в) она находится в тепловом, химическом и механическом равновесии с окружающей средой;
- г) она находится в тепловом и механическом равновесии, но не в химическом равновесии с окружающей средой.

8. Если замкнутая система имеет адиабатические границы, то, по крайней мере, одна граница должна быть:

- а) проницаемой,
- б) воображаемой,
- в) подвижной,
- г) неподвижной.

9. Свойствами расширения обладают:

- а) температура и давление,
- б) вязкость и поверхностное натяжение,
- в) показатель преломления и удельная теплоемкость,
- г) объем и теплоемкость.

10. Укажите, какое из следующих утверждений является правильным:

- а) тепло – это термодинамическое свойство системы;
- б) работа – это термодинамическое свойство системы;
- в) работа, выполняемая определенной силой, является функцией траектории;
- г) тепло, участвующее в химической реакции, является физической величиной, не зависящей от траектории.

11. Укажите, какое из следующих утверждений *неверно*:

- а) только функция состояния может быть выражена как разница в ее значении в двух состояниях любого процесса;
- б) процесс не может быть определен на основе измерения начального и конечного состояний системы;
- в) в циклическом процессе ΔU системы остается постоянной на протяжении протекания всего этого процесса;
- г) во время необратимого процесса уравнение $PV = nRT$ неприменимо к идеальному газу.

12. Для изотермического процесса существенным условием является:

- а) $\Delta F = 0$;
- б) $\Delta H = 0$;
- в) $\Delta U = 0$;
- г) $dT = 0$.

13. Укажите, какое из приведенных ниже утверждений является правильным:

- а) идеальный газ всегда подчиняется уравнению: $PV^{\gamma} = \text{константа}$ в адиабатическом процессе;
- б) идеальный газ всегда подчиняется уравнению: $PV^{\alpha} = \text{константа}$ в политропном процессе;
- в) в политропном процессе теплоемкость системы остается неизменной на протяжении всего цикла;
- г) во всех циклических процессах теплоемкость, которой обладает система, отлична от нуля.

14. Укажите, какое из приведенных ниже положений *неверно* в отношении обратимого процесса:

- а) система всегда находится в термодинамическом равновесии;
- б) процесс чрезвычайно медленный;
- в) процесс может быть обращен вспять на любой стадии только путем внесения бесконечно малых изменений в противоположном направлении;
- г) обратимые процессы могут быть выполнены за конечное время.

15. Закон равнораспределения энергии применим к системе, элементы которой:

- а) находятся в хаотическом движении,
- б) находятся в упорядоченном движении,
- в) движутся с постоянной скоростью,
- г) находятся в состоянии покоя.

6.2. Первый закон термодинамики

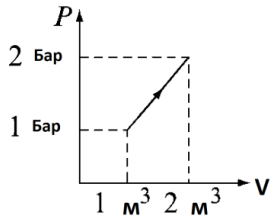
16. Система поглощает 20 кДж тепла и совершает 10 кДж работы. Внутренняя энергия системы:

- а) увеличивается на 10 кДж,
- б) уменьшается на 10 кДж,
- в) увеличивается на 30 кДж,
- г) уменьшается на 30 кДж.

17. Объем системы увеличивается в два раза по сравнению с первоначальным объемом при поглощении 1 256 Дж тепла. Было установлено, что работа, выполняемая с окружающей средой, составляет 837,36 Дж. Определите ΔU для системы:

- а) 2 093,4 Дж;
- б) 1 256 Дж;
- в) 418,68 Дж;
- г) -2 093,4 Дж.

18. Система поглощает 100 кДж тепла в процессе, показанном на рисунке.



Определите ΔU для системы:

- а) -50 кДж,
- б) $+50$ кДж,
- в) $+150$ кДж,
- г) -150 кДж.

19. В каком-то процессе для идеального газа $dw = 0$ и $dq < 0$. Тогда для газа:

- а) температура понизилась,
- б) объем увеличится,
- в) давление осталось постоянным,
- г) температура повысилась.

20. Пять молей идеального газа изотермически расширяются с 5 дм^3 до 5 м^3 при температуре 300 К . Укажите, какое из приведенных ниже положений *неверно* в отношении газа:

- а) газ не поглощает и не отводит тепло;
- б) внутренняя энергия газа не изменяется;
- в) энтальпия газа не изменяется;
- г) давление газа уменьшится в $1\,000$ раз.

21. Один моль идеального газа при температуре 300 К изотермически расширяется от первоначального объема в 1 л до 10 л . Изменение внутренней энергии газа в этом процессе равно:

- а) $6\,853,7 \text{ Дж}$;
- б) нулю;
- в) $57\,823,9 \text{ Дж}$;
- г) $37,7 \text{ Дж}$.

22. Пять молей идеального газа изотермически и обратимо расширяются от начального давления 10 атм до конечного давления 1 атм при 27°С . Работа, выполняемая газом, равна ($\ln 10 = 4,6$):

- а) $1\,155 \text{ Дж}$;
- б) $2\,512 \text{ Дж}$,
- в) 0 Дж ,
- г) $5\,777 \text{ Дж}$.

23. Работа, проделанная при изотермическом обратимом расширении газообразного аргона при 27 °С с 4 л до 16 л, составила 17 584,5 Дж. Укажите, какая масса аргона подверглась такому расширению ($\ln 4 = 1,4$):

- а) 5,0 г;
- б) 20,0 г;
- в) 200,0 г;
- г) 48,1 г.

24. Минимальная работа, которую необходимо выполнить для изотермического сжатия 16 г кислорода при температуре 300 К и давлении от $1,01325 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$ до $1,01325 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, составляет ($\ln 100 = 4,6$, $R = 8,3 \text{ Дж/К}\cdot\text{моль}$):

- а) 5 727 Дж;
- б) 11,454 кДж;
- в) 123,255 кДж;
- г) 1 232,55 Дж.

25. Для обратимого процесса при $T = 300 \text{ К}$ объем идеального газа увеличивается с 0,1 л до 1,0 л. Если процесс изотермический, то ΔH процесса составляет:

- а) 1,15 кДж;
- б) 0,5 кДж;
- в) 0;
- г) $-1,15 \text{ кДж}$.

26. Величина работы, совершаемой одним моле идеального газа во время его изотермического обратимого расширения из объема V_1 в объем V_2 при температуре $T \text{ К}$, равна:

- а) $RT \ln \left(\frac{V_2}{V_1}\right)$;
- б) $RT \ln \left(\frac{V_2 - b}{V_1 - b}\right)$;
- в) $RT \ln \left(\frac{V_2 - b}{V_1 - b}\right) + a\left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1}\right)$;
- г) $RT \ln \left(\frac{V_2 - b}{V_1 - b}\right) - a\left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1}\right)$.

27. Идеальный газ подвергается изотермическому расширению от (10 атм, 1 л) до (1 атм, 10 л) либо по пути 1 (бесконечное расширение), либо по пути 2 (сначала до 5 атм, а затем до 1 атм). Значение $\left(\frac{q_{\text{путь 1}}}{q_{\text{путь 2}}}\right)$ будет выражено следующим значением:

- а) $\frac{2,303}{1,3}$;
- б) $\frac{1,3}{2,303}$;
- в) $\frac{1,0}{13 \cdot 2,203}$;
- г) $13 \cdot 2,303$.

28. Идеальный газ необратимо расширяется с 0,5 л до 1,0 л при постоянном внешнем давлении в 1 бар. Укажите количество выделяемого тепла (q) в этом изотермическом процессе:

- а) 0;
- б) +50 Дж;
- в) +0,5 Дж;
- г) –50 Дж.

29. Работа, выполняемая при адиабатическом изменении фиксированного количества идеального газа, зависит от изменения:

- а) V ,
- б) P ,
- в) T ,
- г) D .

30. При обратимом адиабатическом расширении газообразного гелия конечный объем в 8 раз больше начального. Отношение конечной температуры к начальной равно:

- а) 8 : 1;
- б) 1 : 4;
- в) 1 : 2;
- г) 4 : 1.

31. Один моль одноатомного идеального газа при температуре T К адиабатически расширяется с 1 л до 2 л при постоянном внешнем давлении 1 атм. Конечная температура газа в градусах Кельвина (K) равна:

- а) T ;
- б) $\frac{T}{2^{(\frac{5}{3}-1)}}$;
- в) $T - \frac{2}{3 \cdot 0,0821}$;
- г) $T + \frac{2}{2 \cdot 0,0821}$.

32. Два моля идеального газа $C_{v,m} = -5/2R$ были адиабатически сжаты до постоянного давления 2 атм, первоначальные условия были 350 К и 1 атм. Работа, проделанная с газом в этом процессе, равна:

- а) 250 R,
- б) 500 R,
- в) 125 R,
- г) 300 R.

33. Два моля идеального газа ($\gamma = 1,4$) обратимо и адиабатически изменились с 527°C до 32°C . Изменение молярной энтальпии газа составляет:

- а) $-4\ 200\ \text{R}$,
- б) $-2\ 100\ \text{R}$,
- в) $-1\ 500\ \text{R}$,
- г) $-3\ 000\ \text{R}$.

34. Равные моли газообразных веществ: гелия, углекислого газа, водорода и серного ангидрида адиабатически и обратимо расширяются из одного и того же начального состояния до одного и того же конечного объема. Укажите вещество, для которого величина работы максимальна (предположить, что газы ведут себя идеально и все степени свободы активны):

- а) He,
- б) H_2 ,
- в) CO_2 ,
- г) SO_3 .

35. Идеальный одноатомный газ при первоначальной температуре в $300\ \text{K}$ адиабатически расширяется в вакууме, удваивая свой объем. Конечная температура газа равна:

- а) $300\ \text{K}$;
- б) $300 \cdot (0,5)^{2/3}\ \text{K}$;
- в) $300 \cdot (2)^{2/3}\ \text{K}$;
- г) $600\ \text{K}$.

36. Температура одного моля идеального газа увеличивается на $1\ \text{K}$ при постоянном давлении. Работа, совершаемая газом, равна:

- а) R ,
- б) 2R ,
- в) $\text{R}/2$,
- г) 3R .

37. Определите, каково изменение U , когда объем газа сжимается с $325\ \text{мл}$ до $125\ \text{мл}$ при постоянном P в $2\ \text{бара}$ и в то же время газ охлаждается за счет отвода тепла в $124\ \text{Дж}$:

- а) $-524\ \text{Дж}$,
- б) $-164\ \text{Дж}$,
- в) $-84\ \text{Дж}$,
- г) $+84\ \text{Дж}$.

38. При испарении $1\ \text{г}$ воды при атмосферном давлении образуется $1\ 671\ \text{см}^3$ пара. Теплота испарения составляет $2\ 260,9\ \text{Дж/г}$. Приблизительное увеличение U составляет:

- а) $1\ 046,7\ \text{Дж}$;
- б) $2\ 093,4\ \text{Дж}$;
- в) $4\ 186,8\ \text{Дж}$;
- г) $6\ 280,2\ \text{Дж}$.

39. Одноатомный газ расширяется изобарически. Процентная доля подводимого тепла, которая увеличивает тепловую энергию и участвует в работе по расширению, равна:

- а) 50 : 50;
- б) 60 : 40;
- в) 40 : 60;
- г) 75 : 25.

40. При постоянном объеме ожидаемая максимальная высокотемпературная молярная теплоемкость для ацетилена (C_2H_2), который представляет собой линейную молекулу, составляет:

- а) $37,7 \frac{\text{Дж}}{\text{град} \cdot \text{моль}}$;
- б) $50,2 \frac{\text{Дж}}{\text{град} \cdot \text{моль}}$;
- в) $79,5 \frac{\text{Дж}}{\text{град} \cdot \text{моль}}$;
- г) $58,6 \frac{\text{Дж}}{\text{град} \cdot \text{моль}}$.

41. Молярная теплоемкость воды, находящейся в равновесии со льдом при постоянном давлении, равна:

- а) 0;
- б) ∞ ;
- в) $40,45 \frac{\text{кДж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$;
- г) $75,48 \frac{\text{кДж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$.

42. Укажите, для какого из перечисленных ниже идеальных газов $C_{v, m}$ не зависит от температуры:

- а) He,
- б) H_2 ,
- в) CO,
- г) SO_2 .

43. Если один моль одноатомного газа ($\gamma = 5/3$) смешать с одним молем двухатомного газа ($\gamma = 7/5$), то значение γ для смеси равно:

- а) 1;
- б) 1,5;
- в) 2;
- г) 3,0.

44. Когда идеальный двухатомный газ нагревается при постоянном давлении, доля подводимой тепловой энергии, увеличивающая внутреннюю энергию газа, равна:

- а) $2/5$,
- б) $3/5$,
- в) $5/7$,
- г) $3/7$.

45. Газ нагревается при постоянном давлении. Доля поглощенного тепла, используемого при выполнении работы, равна:

- а) $\frac{1}{\gamma}$;
- б) $(1 - \frac{1}{\gamma})$;
- в) $(\gamma - 1)$;
- г) γ .

46. В идеальном газе происходит процесс, при котором его давление и объем соотносятся как $PV^n = \text{константа}$, где n – постоянная величина. Молярная теплоемкость газа в этом процессе будет равна нулю, если:

- а) $n = \gamma$;
- б) $n = \gamma - 1$;
- в) $n = \gamma + 1$;
- г) $n = 1 - \gamma$.

47. Состояние идеального газа ($\gamma = 1,5$) изменяется таким образом, что величина поглощенного газом тепла равна величине работы, совершенной газом. Молярная теплоемкость газа в этом процессе равна:

- а) $2 R$;
- б) R ;
- в) $3 R$;
- г) $1,5 R$.

48. Для повышения температуры 2 молей идеального газа при постоянном давлении с 40°C до 50°C требуется 293 Дж тепла. Количество тепла, необходимое для повышения температуры того же газа в том же диапазоне при постоянном объеме, равно:

- а) 376,8 Дж;
- б) 293 Дж;
- в) 209 Дж;
- г) 125,6 Дж.

49. Во время адиабатического процесса давление газа пропорционально кубу его абсолютной температуры. Коэффициент Пуассона для газа равен:

- а) $\frac{3}{2}$,
- б) $\frac{7}{2}$,
- в) $\frac{5}{3}$,
- г) $\frac{9}{7}$.

50. Нормальная температура кипения воды составляет 100°C . При $1\,000^\circ\text{C}$:

- а) средняя кинетическая энергия молекул в парах больше, чем в жидкой воде;
- б) средняя потенциальная энергия молекул в парах больше, чем в жидкой воде;
- в) молярная внутренняя энергия одинакова для пара и жидкой воды;
- г) вода кипит при любом давлении.

51. Работа, выполняемая одним молем идеального газа в обратимом процессе ($PV^3 = \text{константа}$), при 300 К от 1 атм до $2\sqrt{2}$ атм составляет:

- а) 150 R,
- б) 300 R,
- в) 75 R,
- г) 600 R.

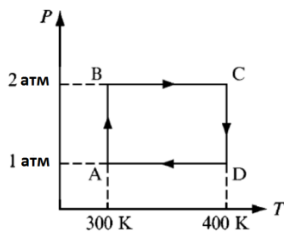
52. В результате изобарного нагревания при $T = 72$ К один моль идеального газа выделяет количество тепла $Q = 1,60$ кДж. Работа, совершаемая газом, равна:

- а) 8,60 кДж;
- б) 0,60 кДж;
- в) 16,60 кДж;
- г) 4,60 кДж.

53. Два моля идеального одноатомного газа подвергаются обратимому расширению с 0,4 л (400 К) до 0,8 л при постоянной величине TV^2 . Изменение энтальпии газа составляет:

- а) -150 R,
- б) -300 R,
- в) $+150$ R,
- г) $+300$ R.

54. Два моля газообразного гелия подвергаются циклическому процессу, как показано на рисунке.



При предполагаемом идеальном поведении газа суммарная работа, проделанная газом в этом циклическом процессе, равна:

- а) 0;
- б) $100 R \cdot \ln 2$;
- в) $100 R \cdot \ln 4$;
- г) $200 R \cdot \ln 4$.

55. Один моль идеального газа подвергается следующему циклическому процессу:

- 1) изохорному нагреву от (P_1, V_1, T_1) до удвоения температуры;
- 2) изобарному расширению до удвоения объема;
- 3) линейному расширению (по кривой $P-V$) до $(P_1, 8V_1)$;
- 4) изобарному сжатию до исходного состояния.

56. Один моль неидеального газа меняет свое состояние (2 атм, 3 л, 95 К) на \rightarrow (4 атм, 5 л, 245 К) с изменением внутренней энергии, $\Delta U = 30,0 \text{ л} \cdot \text{атм}$. Изменение энтальпии (ΔH) процесса в $\text{л} \cdot \text{атм}$ составляет:

- а) 40,0;
- б) 42,3;
- в) 44,0;
- г) не определено, поскольку P непостоянно.

57. Нормальная температура кипения воды составляет 100 °С. При 100 °С:

- а) средняя кинетическая энергия молекул в паре больше, чем у жидкой воды;
- б) средняя потенциальная энергия молекул в паре больше, чем у жидкой воды;
- в) молярная внутренняя энергия одинакова для пара и жидкой воды;
- г) вода кипит при любом давлении.

58. Скрытая теплота испарения жидкости при низкой температуре 50,0 К и давлении 1 атм составляет 41,9 кДж/моль. Определите, на сколько изменится внутренняя энергия, если 3 моля жидкости перейдут в парообразное состояние при тех же значениях давления и температуры:

- а) 11,3 кДж;
- б) 5,4 кДж;
- в) $-11,3$ кДж;
- г) $-5,4$ кДж.

59. При испарении одного грамма воды при атмосферном давлении образуется 1 671 см³ пара. Теплота испарения составляет 2 260,8 Дж/г. Приблизительное увеличение внутренней энергии составляет:

- а) 1 046 Дж;
- б) 2 093 Дж;
- в) 418,7 Дж;
- г) 6 280 Дж.

60. При 50 000 кПа и T в К плотность графита и алмаза составляет соответственно 2,0 и 3,0 г/см³. Значение ($\Delta H - \Delta U$) для превращения 1 моля графита в алмаз при давлении 50 000 кПа и температуре окружающей среды составляет:

- а) 100 кДж,
- б) -100 кДж,
- в) 1 000 кДж,
- г) $-1 000$ кДж.

6.3. Второй и третий законы термодинамики, энтропия

61. Коэффициент полезного действия обратимого теплового двигателя равен η_r , а коэффициент полезного действия необратимого теплового двигателя равен η_i . Укажите, какое из следующих соотношений является правильным:

- а) $\eta_r = \eta_i$;
- б) $\eta_r > \eta_i$;
- в) $\eta_r < \eta_i$;
- г) η_r может быть меньше, больше или равен η_i в зависимости от газа.

62. Укажите, для какого из следующих процессов значение ΔS отрицательно:

- а) $\text{H}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{H}(\text{г})$;
- б) $\text{N}_2(\text{г}, 1 \text{ атм}) \rightarrow \text{N}_2(\text{газ}, 10 \text{ атм.})$;
- в) $2\text{SO}_3(\text{г}) \rightarrow 2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$;
- г) $\text{C}(\text{графит}) \rightarrow \text{C}(\text{алмаз})$.

63. Укажите, в какой из следующих реакций значение ΔS будет наибольшим:

- а) $\text{Ca}(\text{тв.}) + 0,5\text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CaO}(\text{тв.})$;
- б) $\text{CaCO}_3(\text{тв.}) \rightarrow \text{CaO}(\text{тв.}) + \text{CO}_2(\text{г})$;
- в) $\text{C}(\text{тв.}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{г})$;
- г) $\text{N}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{г})$.

64. Уменьшение энтропии происходит при:

- а) кристаллизации сахарозы из раствора,
- б) ржавлении железа,
- в) таянии льда,
- г) испарении камфары.

65. Изменение энтропии отрицательно для реакции:

- а) $\text{Br}_2(\text{ж}) \rightarrow \text{Br}_2(\text{г})$;
- б) $\text{C}(\text{тв.}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightarrow \text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$;
- в) $\text{N}_2(\text{г}, 10 \text{ атм}) \rightarrow \text{N}_2(\text{г}, 2 \text{ атм})$;
- г) $\text{Fe}(1 \text{ моль}, 500 \text{ К}) \rightarrow \text{Fe}(1 \text{ моль}, 300 \text{ К})$.

66. Когда вещество нагревается, его энтропия увеличивается. Увеличение будет максимальным при:

- а) $0 \text{ }^\circ\text{C}$,
- б) температуре плавления,
- в) температуре кипения,
- г) $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

67. Изолированная система содержит жидкость, находящуюся в равновесии с парами. На этой стадии молярная энтропия пара:

- а) меньше, чем у жидкости;
- б) больше, чем у жидкости;
- в) равна нулю;
- г) равна объему жидкости.

68. Согласно второму закону термодинамики тепло частично преобразуется в полезную работу, а часть его:

- а) становится электрической энергией,
- б) всегда тратится впустую,
- в) увеличивает массу тела,
- г) становится кинетической энергией.

69. Выберите вещество, которое имеет более высокую возможную энтропию (на моль) при данной температуре:

- а) твердый диоксид углерода;
- б) газообразный азот при 1 атм;
- в) газообразный азот при 0,01 атм;
- г) газообразный азот при 0,00001 атм.

70. Изменение, которое *не увеличивает* энтропию:

- а) испарение жидкости,
- б) конденсация,
- в) сублимация,
- г) плавление твердого вещества.

71. Растворение хлорида аммония в воде приводит к ощущению охлаждения. Растворение NH_4Cl при постоянной температуре сопровождается:

- а) увеличением энтропии,
- б) уменьшением энтропии,
- в) энтропия не изменяется,
- г) энтальпия не изменяется.

72. Когда значение энтропии больше, то способность к работе равна:

- а) максимуму,
- б) минимуму,
- в) среднему значению,
- г) ни одному из этих значений.

73. Когда один моль идеального газа сжимается до $\frac{1}{2}$ его первоначального объема и одновременно нагревается до температуры в два раза выше, изменение энтропии будет:

- а) $C_v \cdot \ln 2$;
- б) $C_p \cdot \ln 2$;
- в) $R \cdot \ln 2$;
- г) $(C_v - R) \cdot \ln 2$.

74. Укажите, каково изменение энтропии, когда 3,6 г жидкой воды полностью превращаются в пары при температуре 373 К (молярная теплота испарения воды составляет 40,85 кДж/моль):

- а) 218,9 Дж/К;
- б) 2,189 Дж/К;
- в) 21,89 Дж/К;
- г) 0,2189 Дж/К.

75. Изменение энтропии при расплавлении одного моля твердого вещества, плавящегося при 300 К (скрытая теплота плавления 2 900 Дж/моль), равно:

- а) 9,8 Дж/К·моль;
- б) 10,7 Дж/К·моль;
- в) 2 900 Дж/К·моль;
- г) 108,6 Дж/К·моль.

76. Газообразный кислород массой 64 г расширяется с 1 атм до 0,25 атм при температуре 30 °С. Определите, каково изменение энтропии, если предположить, что газ идеален (данные: $\ln 4 = 1,4$, $R = 8,3$ Дж/К·моль):

- а) 23,24 Дж/К;
- б) 34,86 Дж/К;
- в) 46,48 Дж/К;
- г) 11,62 Дж/К.

77. Два моля идеального одноатомного газа нагреваются с 27 °С до 627 °С обратимо и изохорно. Энтропия газа:

- а) увеличивается на $2R \cdot \ln 3$;
- б) увеличивается на $3R \cdot \ln 3$;
- в) уменьшается на $2R \cdot \ln 3$;
- г) уменьшается на $3R \cdot \ln 3$.

78. Один моль идеального одноатомного газа подвергается адиабатическому свободному расширению от 2 до 20 дм³ при температуре 300 К. Значение ΔS для газа равно:

- а) 0;
- б) $+R \ln 10$;
- в) $-R \ln 10$;
- г) $+1,5 R \ln 10$.

79. Стандартная молярная энтропия идеального газа ($\gamma = 4/3$) составляет 104,67 Дж /К·моль при 25 °С и 1 бар. Стандартная молярная энтропия газа при температуре 323 °С и давлении 1 бар:

- а) не определяется;
- б) $R \cdot \ln 2$;
- в) $R \cdot \ln 4$;
- г) $R \cdot \ln 8$.

80. Даны следующие значения энтропии (в Дж/К·моль) при 298 К и 1 атм: $H_2(g) = 130,6$; $Cl_2(g) = 223,0$; и $HCl(g) = 186,7$. Изменение энтропии (в Дж/К·моль) для реакции $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$ составляет:

- а) +540,3;
- б) +727,0;
- в) -166,9;
- г) +19,8.

6.4. Функция свободной энергии Гиббса

81. ΔG в процессе таяния льда при температуре 258,15 К будет:

- а) меньше нуля,
- б) больше нуля,
- в) равна 0,
- г) ни одно из этих значений.

82. Для системы, находящейся в равновесии, ΔG будет равно 0 при постоянных:

- а) P и T,
- б) T и V,
- в) V и P,
- г) V и E.

83. Если два моля льда превращаются в воду при температуре 273 К и 1 атм и энтропии льда и $H_2O(ж)$ составляют 76,0 и 116,0 Дж/К·моль соответственно, изменение энтальпии при фазовом превращении составляет:

- а) 10 920 кДж/моль,
- б) 10 920 Дж/моль,
- в) -10 920 Дж/моль,
- г) 40 Дж/моль.

84. Растворимость $NaCl(тв.)$ в воде при 298 К составляет около 6 молей на литр. Предположим, вы добавили 1 моль $NaCl(тв.)$ на литр воды.

Для реакции $NaCl(тв.) + H_2O(ж) \rightarrow NaCl(водн.)$:

- а) $\Delta G > 0$, $\Delta S > 0$;
- б) $\Delta G < 0$, $\Delta S > 0$;
- в) $\Delta G > 0$, $\Delta S < 0$;
- г) $\Delta G < 0$, $\Delta S < 0$.

85. Значение ΔG^0 для реакции $2ZnS(тв.) + 3O_2(g) \rightarrow 2ZnO(тв.) + 2SO_2(g)$ составит:

- а) -357 кДж,
- б) -731 кДж,
- в) -773 кДж,
- г) -229 кДж.

86. Следующая реакция находится в равновесии при 298 К
 $2\text{NO} (\text{г}, 0,00001 \text{ бар}) + \text{Cl}_2 (\text{г}, 0,01 \text{ бар}) \rightarrow 2\text{NOCl} (\text{г}, 0,01 \text{ бар})$.

Значение ΔG^0 для реакции равно:

- а) $-45,65$ кДж;
- б) $-28,53$ кДж;
- в) $-22,82$ кДж;
- г) $-57,06$ кДж.

87. Вычислите изменение свободной энергии (ΔG) 1,0 моля воды при температуре 0°C и давлении 1 атм при превращении в водяной пар при тех же условиях:

- а) 2 261 Дж,
- б) $-41\ 031$ Дж,
- в) 41 031 Дж,
- г) 0 Дж.

88. Изменение энтальпии и энтропии для химической реакции составляет соответственно $-10\ 467$ Дж и $+309$ Дж/К. Реакция при 298 К будет:

- а) самопроизвольная,
- б) обратимая,
- в) необратимая,
- г) не самопроизвольная.

89. Самопроизвольная реакция невозможна, если:

- а) и ΔH , и ΔS отрицательны;
- б) ΔH и ΔS положительны;
- в) ΔH отрицательна, а ΔS положительна;
- г) ΔH положительна, а ΔS отрицательна.

90. Для обратимой реакции, если $\Delta G^0 = 0$, константа равновесия реакции должна быть равна:

- а) 0,
- б) 1,
- в) 2,
- г) 10.

6.5. Термохимия

91. Слово «стандарт» в значении изменения молярной энтальпии означает:

- а) температуру 298 К и давление 1 атм,
- б) любую температуру и давление 1 атм,
- в) любую температуру и давление 1 бар,
- г) любые температуру и давление.

92. Изменение энтальпии в реакции *не зависит* от:

- а) состояния реагентов и продуктов,
- б) природы реагентов и продуктов,
- в) различных промежуточных стадий реакции,
- г) начальной и конечной энтальпии системы.

93. В калориметрической бомбе разлагается образец NH_4NO_3 в количестве 1,6 г. Температура калориметра при этом снижается на 6,02 К. Теплоемкость калориметрической системы составляет 1,250 кДж/К. Молярная теплота разложения NH_4NO_3 составляет:

- а) 7,5 кДж/моль;
- б) –600,2 кДж/моль;
- в) –375,2 кДж/моль;
- г) 375,1 кДж/моль.

94. Разница между энтальпиями реакции при постоянном давлении и постоянном объеме для реакции $2\text{C}_6\text{H}_6(\text{ж}) + 15\text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 12\text{CO}_2(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ при 298 К в кДж составляет:

- а) –7,43;
- б) +3,72;
- в) –3,72;
- г) +7,43.

95. Выберите, в какой из следующих реакций $\Delta H = \Delta E$:

- а) $\text{PCl}_5(\text{г}) \rightarrow \text{PCl}_3(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г})$;
- б) $\text{H}_2(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{HCl}(\text{г})$;
- в) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{ж}) + 3\text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{г})$;
- г) $\text{C}_2\text{H}_4(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6(\text{г})$.

96. Теплоемкость бомбового калориметра составляет 500 Дж/°С. При сгорании 0,1 г метана наблюдалось повышение температуры на 2 °С. Укажите значение ΔE на моль метана:

- а) 1 кДж,
- б) 160 кДж,
- в) –160 кДж,
- г) –1 кДж.

97. Для реакции $\text{C}(\text{тв.}) + 0,5\text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}(\text{г})$:

- а) $\Delta H > \Delta E$;
- б) $\Delta H < \Delta E$;
- в) $\Delta H = \Delta E$;
- г) $|\Delta H| > |\Delta E|$.

98. Энтальпия образования метана (г) при постоянном давлении составляет $-77\,455,8$ Дж/моль при 27°C . Энтальпия образования при постоянном объеме составляет:

- а) $-82\,480$ Дж,
- б) $-724\,318$ Дж,
- в) $-774\,507$ Дж,,
- г) $-77\,455,8$ Дж.

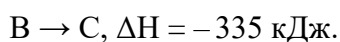
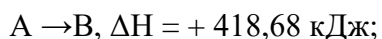
99. При сжигании $0,18$ г глюкозы ($\Delta_c H^\circ = -2,8 \cdot 10^6$ Дж/моль) в калориметрической бомбе температура повысилась на 4 К. Теплоемкость калориметрической системы равна:

- а) 700 Дж/К;
- б) 700 кДж/К;
- в) 126 Дж/К;
- г) $7,0$ кДж/К.

100. При образовании алмаза в типичных геофизических условиях плотность графита составляет $2,40$ г/см³, а алмаза $-3,60$ г/см³ при определенной температуре и давлении $493,46$ атм. Укажите, на сколько $\Delta H_{\text{превр}}$ отличается от $\Delta U_{\text{превр}}$ в отношении перехода графита в алмаз:

- а) $83,40$ кДж/моль;
- б) $0,83$ кДж/моль;
- в) $8,34 \cdot 10^7$ кДж/моль;
- г) $83,34$ Дж/моль.

101. Изучите следующие термохимические уравнения:



Правильный порядок энтальпий образования А, В и С таков:

- а) $A < B < C$;
- б) $A < C < B$;
- в) $C < A < B$;
- г) $B < C < A$.

6.6. Энтальпия образования

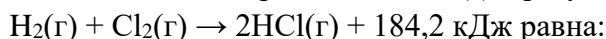
102. Стандартная энтальпия образования вещества:

- а) всегда положительна;
- б) всегда отрицательна;
- в) равна 0;
- г) может быть положительной, отрицательной или нулевой.

103. Энтальпия образования газообразного аммиака составляет 46,0 кДж/моль. Изменение энтальпии реакции: $2\text{NH}_3(\text{г}) \rightarrow \text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г})$ составляет:

- а) 46,0 кДж;
- б) 92,0 кДж;
- в) 23,0 кДж;
- г) –92,0 кДж.

104. Энтальпия образования $\text{HCl}(\text{г})$ в результате следующей реакции:



- а) –184 кДж/моль;
- б) –92 кДж/моль;
- в) +92 кДж/моль;
- г) –368 кДж/моль.

105. Образование O_3 из O_2 – эндотермический процесс. Ультрафиолетовое излучение в верхних слоях атмосферы является источником энергии, стимулятором этой реакции. Если реакция и продукты реакции находятся в стандартных состояниях, ΔH° образования O_3 , определяемая на основе их данных: $3\text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{O}_3(\text{г})$, $\Delta H^\circ = 286$ кДж, будет равна:

- а) +143,2 кДж/моль;
- б) –143,2 кДж/моль;
- в) +286,1 кДж/моль;
- г) –286,1 кДж/моль.

106. Значения ΔH° для $\text{CO}_2(\text{г})$, $\text{CO}(\text{г})$ и $\text{H}_2\text{O}(\text{г})$ составляют –393,5, –110,5 и –241,8 кДж/моль соответственно. Стандартное изменение энтальпии (в кДж) для реакции $\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$ равно:

- а) 524,1;
- б) 41,2;
- в) –262,5;
- г) –41,2.

107. Значение $\Delta_{\text{обр.}}(H^\circ)$ $\text{U}_3\text{O}_8(\text{тв.})$ составляет –853,5 кДж/моль. ΔH° для реакции $3\text{UO}_2(\text{тв.}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{U}_3\text{O}_8(\text{тв.})$ составляет –76,00 кДж. Значение $\Delta H^\circ_{\text{обр.}}$ для $\text{UO}_2(\text{тв.})$ равно:

- а) –259,17 кДж;
- б) –310,17 кДж;
- в) +259,17 кДж;
- г) +930,51 кДж.

108. Приведенные энтальпии образования $\text{CO}_2(\text{г})$ и $\text{CaO}(\text{тв.})$ составляют соответственно –94,0 кДж и –152 кДж, а энтальпия составляет 42 кДж для реакции $\text{CaCO}_3(\text{тв.}) \rightarrow \text{CaO}(\text{тв.}) + \text{CO}_2(\text{г})$. Энтальпия образования $\text{CaCO}_3(\text{тв.})$ составляет:

- а) –42 кДж,
- б) –202 кДж,
- в) +202 кДж;
- г) –288 кДж.

109. Стандартные энтальпии образования $\text{NH}_3(\text{г})$, $\text{CuO}(\text{тв.})$ и $\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ составляют -46 , -155 и -285 кДж/моль соответственно. Изменение энтальпии при пропускании $6,80$ г NH_3 через оксид меди составляет:

- а) $-59,6$ кДж;
- б) $+59,6$ кДж;
- в) -298 кДж;
- г) $-119,2$ кДж.

110. Стандартные энтальпии образования $\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$, $\text{Li}^+(\text{водн.})$ и $\text{OH}^-(\text{водн.})$ составляют $-285,8$, $-278,5$ и $-228,9$ кДж/моль соответственно. Стандартное изменение энтальпии для реакции $2\text{Li}(\text{тв.}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{Li}^+(\text{водн.}) + 2\text{OH}^-(\text{водн.}) + \text{H}_2(\text{г})$ составляет:

- а) $+443,2$ кДж;
- б) $-443,2$ кДж;
- в) $-221,6$ кДж;
- г) $+221,6$ кДж.

6.7. Энтальпия разложения (горения)

111. Стандартная энтальпия сгорания твердого бора численно равна:

- а) $\frac{1}{2} \Delta_{\text{обр.}} \text{H}^\circ \text{B}_2\text{O}_3(\text{тв.})$;
- б) $\Delta_{\text{обр.}} \text{H}^\circ \text{B}_2\text{O}_3(\text{тв.})$;
- в) $-\Delta_{\text{обр.}} \text{H}^\circ \text{B}_2\text{O}_3(\text{тв.})$;
- г) $-\frac{1}{2} \Delta_{\text{обр.}} \text{H}^\circ \text{B}_2\text{O}_3(\text{тв.})$.

112. Теплота, выделяющаяся при сгорании глюкозы, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ составляет -2847 кДж/моль. Масса CO_2 , образующегося при выделении 711 кДж тепла при сжигании глюкозы, составляет:

- а) 45 г,
- б) 66 г,
- в) 11 г,
- г) 44 г.

113. Стандартная молярная энтальпия образования CO_2 равна:

- а) нулю,
- б) стандартной молярной энтальпии сгорания газообразного углерода,
- в) сумме стандартных молярных энтальпий образования CO и O_2 ,
- г) стандартной молярной энтальпии сгорания углерода (графита).

114. Тепло, выделяющееся при полном сгорании $1,026$ кг сахарозы $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(\text{тв.}) + 12\text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 12\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ ($\Delta H_{\text{реакц.}} = -5,65 \cdot 10^3$ кДж) при постоянном давлении, составит:

- а) $1,695 \cdot 10^4$ кДж;
- б) $5,65 \cdot 10^3$ кДж;
- в) $1,883 \cdot 10^3$ кДж;
- г) $3,22 \cdot 10^4$ кДж.

115. Энтальпии сгорания CH_4 , C_2H_4 и C_2H_6 составляют соответственно -890 , -1411 и -1560 кДж/моль. Укажите, какое топливо обладает наибольшей топливной ценностью (количество тепла, выделяемого на грамм топлива):

- а) CH_4 ,
- б) C_2H_6 ,
- в) C_2H_4 ,
- г) у всех одинаковое.

116. Энтальпия сгорания метана составляет -890 кДж /моль. При температуре 0°C и давлении 1 атм объем метана, который необходимо сжечь для получения тепла в 2670 кДж, составляет:

- а) 33,6 л;
- б) 67,2 л;
- в) 7,47 л;
- г) 11,2 л.

117. Энтальпии сгорания CH_4 , C_2H_6 и C_3H_8 составляют -879 , -1549 и -2202 кДж/моль соответственно. Энтальпию сгорания гексана можно рассчитать как:

- а) -3516 кДж/моль,
- б) -2864 кДж/моль,
- в) -4189 кДж/моль,
- г) -2093 кДж/моль.

118. Для выполнения конкретной работы человеку в среднем требуется $1341,35$ ккал энергии. ΔH для сжигания глюкозы составляет -2808 кДж/моль. Укажите, сколько килограммов глюкозы необходимо потреблять, если вся необходимая энергия должна быть получена только из глюкозы:

- а) 720 г,
- б) 360 г,
- в) 180 г,
- г) 1000 г.

119. Бензол сгорает в кислороде в соответствии со следующей реакцией:
 $\text{C}_6\text{H}_6(\text{ж}) + 15/2 \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 3\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + 6\text{CO}_2(\text{г})$.

Если стандартные энтальпии образования $\text{C}_6\text{H}_6(\text{ж})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ и $\text{CO}_2(\text{г})$ равны 49 , -285 и -393 кДж/моль соответственно, количество тепла, которое выделяется при сжигании 780 г бензола, составляет:

- а) 32657 кДж,
- б) 3266 кДж,
- в) 326 кДж,
- г) 2547 кДж.

120. ΔH° сгорания при 25 °С водорода (г), циклогексана (ж) и циклогексена (ж) составляют соответственно –241,7, –3 920,2 и –3 800,3 кДж/моль. Энтальпия гидрирования жидкого циклогексена составляет:

- а) –121,9 кДж/моль;
- б) +121,9 кДж/моль;
- в) –241,8 кДж/моль;
- г) +241,8 кДж/моль.

121. Изменение энтальпии, связанное с окислением глюкозы, составляет –2 880 кДж/моль. Двадцать пять процентов этой энергии расходуется на мышечную работу. Определите, какое максимальное расстояние человек сможет пройти, съев 120 г глюкозы, если для прохождения 1 км требуется 100 кДж мышечной энергии:

- а) 19,2 км;
- б) 9,6 км;
- в) 2,4 км;
- г) 4,8 км.

122. Титан (нагревательный прибор), работающий на сжиженном природном газе, нагревает воду, поступающую со скоростью 3,0 литр в минуту, с 27 °С до 77 °С. Определите, сколько топлива в граммах расходуется в минуту, если удельная теплоемкость воды составляет 4 200 Дж/кг·К, а теплота сгорания сжиженного газа составляет 40 000 Дж/г:

- а) 15,25;
- б) 15,50;
- в) 15,75;
- г) 16,00.

123. Для аллотропного изменения, представленного уравнением: С(графит) → С(алмаз), $\Delta H = +1,9$ кДж. Если 6,0 г алмаза и 6,0 г графита полностью сжечь в отдельных экспериментах, то выделяемое тепло будет выше:

- а) на 1,9 кДж в случае графита;
- б) 1,9 кДж в случае алмаза;
- в) 0,95 кДж в случае алмаза;
- г) 0,95 кДж в случае графита.

6.8. Энтальпия нейтрализации

124. Равные объемы одномолярной соляной кислоты и одномолярной серной кислоты полностью нейтрализуются разбавленным раствором NaOH, при этом выделяется X и Y ккал тепла соответственно. Укажите, что из приведенного ниже верно:

- а) $X = Y$;
- б) $2X = Y$;
- в) $X = 2Y$;
- г) ничего из перечисленного.

125. Энтальпия нейтрализации щавелевой кислоты составляет $-106,3$ кДж/моль при использовании сильного основания (NaOH). Изменение энтальпии для процесса $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{водн.}) \rightleftharpoons 2\text{H}^+(\text{aq}) + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}(\text{водн.})$ составляет около:

- а) $8,4$ кДж;
- б) -49 кДж;
- в) $4,2$ кДж;
- г) $16,7$ кДж.

126. Если к 500 мл 2 М HCl добавляют 500 мл раствора 2 М KOH и хорошо взбалтывают смесь, то повышение температуры при нейтрализации будет T_1 . Если повторить эксперимент с другими количествами (250 мл раствора 2 М KOH и 500 мл раствора 2 М HCl) и снова отметить повышение температуры как T_2 , какое из приведенных ниже значений будет верно:

- а) $T_1 = T_2$;
- б) T_1 в 2 раза $> T_2$;
- в) T_2 в 2 раза $> T_1$;
- г) T_1 в $1,5$ $> T_2$.

127. Определите, сколько миллилитров растворов 1 М KOH и 2 М H_2SO_4 требуется при одинаковых условиях для получения конечного объема в 100 мл при максимальном повышении температуры:

- а) $80, 20$;
- б) $20, 80$;
- в) $60, 40$;
- г) $50, 50$.

128. Энтальпия нейтрализации реакции между $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{водн.})$ и $\text{NaOH}(\text{водн.})$ составляет $-55,2$ кДж/моль-экв., а энтальпия реакции между $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{водн.})$ и $\text{KOH}(\text{водн.})$ составляет $-57,3$ кДж/моль-экв. Энтальпия диссоциации $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{водн.})$ составляет:

- а) $-2,1$ кДж/моль-экв.;
- б) $+2,1$ кДж/моль-экв.;
- в) $-112,6$ кДж/моль-экв.;
- г) $+563$ кДж/моль-экв.

129. Энтальпия нейтрализации $\text{H}_3\text{PO}_3(\text{p-p})$ водным раствором гидроксида натрия равна $-106,7$ кДж/моль. Стандартная энтальпия нейтрализации HCl(ж) гидроксидом равна $-55,84$ кДж/моль. Определите $\Delta H_{\text{ионизации}} \text{H}_3\text{PO}_3$ на ионы:

- а) $50,8$ кДж/моль;
- б) $5,1$ кДж/моль;
- в) $10,1$ кДж/моль;
- г) $2,6$ кДж/моль.

6.9. Закон Гесса

130. Определите величину энтальпии образования монооксида углерода, учитывая, что $C(тв.) + O_2(г) \rightarrow CO_2(г)$, $\Delta H^\circ = -X$ кДж;



а) $\frac{2x - y}{2}$;

б) $\frac{y - 2x}{2}$;

в) $2x - y$;

г) $y - 2x$.

131. Стандартная теплота сгорания пропана составляет $-2\,220,1$ кДж/моль. Стандартная теплота испарения жидкой воды составляет 44 кДж/моль. Определите, каков тепловой эффект реакции $C_3H_8(г) + 5O_2(г) \rightarrow 3CO_2(г) + 4H_2O(г)$:

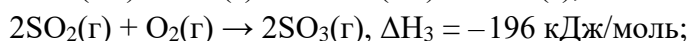
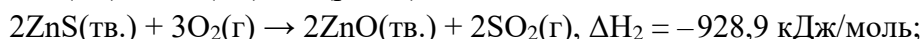
а) $-2\,220,1$ кДж;

б) $-2\,044,1$ кДж;

в) $-2\,396,1$ кДж;

г) $-2\,176,1$ кДж.

132. На основе данных:



рассчитайте $\Delta H_{обр.}$ для $ZnSO_4(тв.)$:

а) -975 кДж/моль;

б) $-1\,436$ кДж/моль;

в) $-1\,821$ кДж/моль;

г) $-1\,302$ кДж/моль.

133. Значение $\Delta H_{раств.}$ безводного сульфата меди (II) составляет $-66,1$ кДж. Растворение одного моля голубого купороса (пентагидрата сульфата меди (II)) сопровождается поглощением $11,5$ кДж тепла. Энтальпия дегидратации голубого купороса равна:

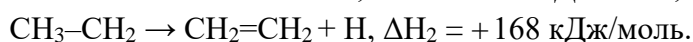
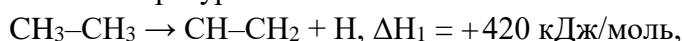
а) $-77,61$ кДж;

б) $+77,61$ кДж;

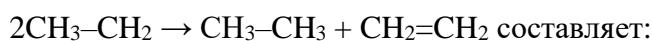
в) $-54,61$ кДж;

г) $+54,61$ кДж.

134. Приведенные ниже данные относятся к газофазной реакции при постоянном давлении и температуре 25°C .



В соответствии с этими данными изменение энтальпии ΔH для реакции



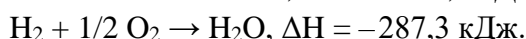
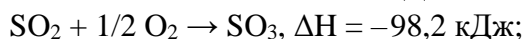
а) $+250$ кДж,

б) $+588$ кДж,

в) -252 кДж,

г) -588 кДж.

135. Используя следующие термохимические данные:



Определите величину энтальпии образования H_2SO_4 при 298 К:

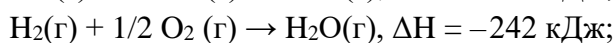
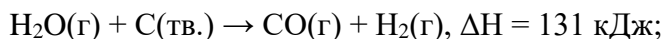
а) $-433,7$ кДж;

б) $-650,3$ кДж;

в) $+320,5$ кДж;

г) $-813,9$ кДж.

136. На основе термохимических уравнений:



определите значение X:

а) -393 кДж,

б) -655 кДж,

в) $+393$ кДж,

г) $+655$ кДж.

137. Энтальпии растворения $\text{BaCl}_2(\text{тв.})$ и $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}(\text{тв.})$ составляют $-20,6$ кДж/моль и $8,8$ кДж/моль соответственно. Превращение $\text{BaCl}_2(\text{тв.})$ в $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}(\text{тв.})$ составляет:

а) $-29,4$ кДж;

б) $-11,8$ кДж;

в) $29,6$ кДж;

г) $11,8$ кДж.

138. Растворение $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в большом объеме воды является эндотермическим и составляет $14,6$ кДж/моль. Для реакции $\text{CaCl}_2(\text{тв.}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow \text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\text{тв.})$, $\Delta H = -97,1$ кДж. Теплота растворения безводного CaCl_2 в большом количестве воды составит:

а) $-111,8$ кДж/моль;

б) $-82,5$ кДж/моль;

в) $82,5$ кДж/моль;

г) $111,8$ кДж/моль.

139. Даны два процесса:



Значение $\Delta_{\text{обр.}}H^\circ$ для $\text{PCl}_5(\text{тв.})$ равно:

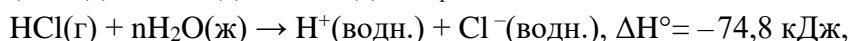
а) $454,5$ кДж/моль;

б) $-454,5$ кДж/моль;

в) -772 кДж/моль;

г) -498 кДж/моль.

140. По следующим данным



$\Delta\text{H}^\circ_{\text{обр.}}(\text{H}^+, \text{водн.}) = 0,0 \text{ кДж}$ рассчитайте $\Delta_{\text{обр.}}\text{H}^\circ$ для водного хлорид-иона:

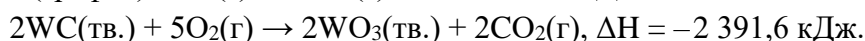
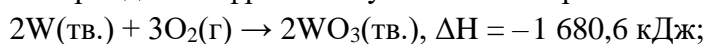
а) 0,0;

б) +83,6 кДж;

в) +167,2 кДж;

г) -167,2 кДж.

141. Карбид вольфрама используется для изготовления режущего инструмента и сверл. Изменение энтальпии для этой реакции трудно измерить непосредственно, поскольку реакция протекает при температуре 1 400 °С. Однако энтальпии горения элементов и карбида вольфрама могут быть легко рассчитаны:



Рассчитайте, какова энтальпия образования (в кДж/моль) карбида вольфрама:

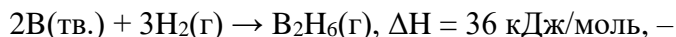
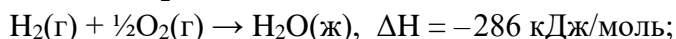
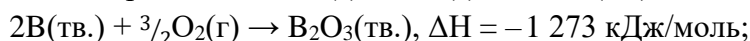
а) -38,0;

б) -76,0;

в) -19,0;

г) -1 233,8.

142. Диборан является потенциальным ракетным топливом, которое сгорает в соответствии с реакцией $\text{B}_2\text{H}_6(\text{г}) + 3\text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{B}_2\text{O}_3(\text{тв.}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{г})$. Исходя из данных:



рассчитайте изменение энтальпии при сгорании диборана:

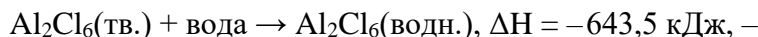
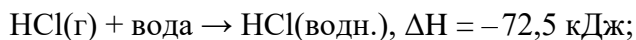
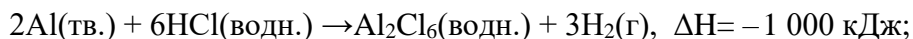
а) -2 167 кДж/моль;

б) -1 478 кДж/моль;

в) -2 035 кДж/моль;

г) -1 999 кДж/моль.

143. На основе данных:



рассчитайте энтальпию образования (в кДж/моль) безводного Al_2Cl_6 :

а) -371,76;

б) -321,960;

в) -218,07;

г) -525,45.

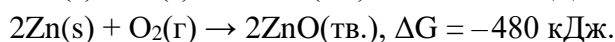
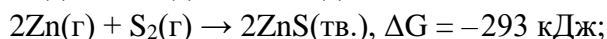
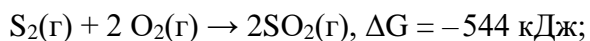
144. Определите, какая из перечисленных ниже солей вызывает большее охлаждение, если растворить один моль соли в том же количестве воды (для каждого растворенного вещества указана интегральная теплота растворения при 298 К):

- а) KNO_3 , $\Delta H = 35,4$ кДж/моль;
- б) NaCl , $\Delta H = 5,35$ кДж/моль;
- в) KOH , $\Delta H = -55,6$ кДж/моль;
- г) KBr , $\Delta H = -83,3$ кДж/моль.

145. При растворении 1 моля Na(тв.) в большом объеме воды при температуре 298 К и давлении 1 бар выделяется 184 кДж/моль тепла. Когда 1 моль $\text{Na}_2\text{O(тв.)}$ растворяется в большом объеме воды при температуре 298 К и 1 бар, выделяется 238 кДж/моль. Определите энтальпию образования оксида натрия, если энтальпия образования воды равна -286 кДж/моль:

- а) $+54$ кДж/моль;
- б) $+156$ кДж/моль;
- в) -416 кДж/моль;
- г) -130 кДж/моль.

146. ΔG имеет важное значение в металлургии. Значения ΔG для следующих реакций при температуре 800 °С приведены в виде:



ΔG для реакции $2\text{ZnS}(\text{тв.}) + 3\text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{ZnO}(\text{тв.}) + 2\text{SO}_2(\text{г})$ будет равно:

- а) -357 кДж,
- б) -73 кДж,
- в) -773 кДж,
- г) -229 кДж.

147. Рассмотрите реакцию: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{г}) + 6\text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 6\text{CO}_2(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$.

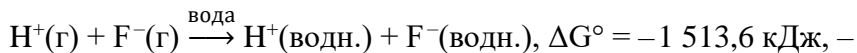
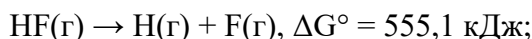
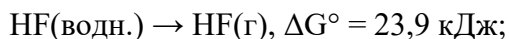
Определите, какое из следующих выражений *неверно*:

- а) $\Delta H^\circ_{\text{реакции}} = 6\Delta H^\circ_{\text{обр.}}(\text{CO}_2(\text{г})) + 6\Delta H^\circ_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O}(\text{ж})) - 6\Delta H^\circ_{\text{обр.}}(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{тв.}));$
- б) $\Delta G_{\text{реакции}} = 6\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(\text{CO}_2(\text{г})) + 6\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O}(\text{ж})) - 6\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{тв.}));$
- в) $\Delta S^\circ_{\text{реакции}} = 6S^\circ(\text{CO}_2(\text{г})) + 6S^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{ж})) - 6S^\circ(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{тв.}));$
- г) $\Delta S^\circ_{\text{реакции}} = 6S^\circ(\text{CO}_2(\text{г})) + 6S^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{ж})) - 6S^\circ(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{тв.})) - S^\circ(\text{O}_2(\text{г})).$

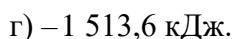
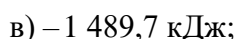
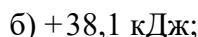
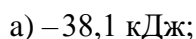
148. Используя приведенные в скобках данные (энтальпии связи (кДж/моль): $\text{H-H} = 435$; $\text{Cl-Cl} = 240$; $\text{H-Cl} = 430$; энтропии связи (Дж/К·моль): $\text{H}_2 = 130$; $\text{Cl}_2 = 222$; $\text{HCl} = 186$), рассчитайте и укажите изменение свободной энергии для реакции $\text{H}_2(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{HCl}(\text{г})$ при температуре 27 °С:

- а) -185 кДж,
- б) -20 кДж,
- в) -179 кДж,
- г) -191 кДж.

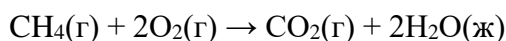
149. На основе данных:



рассчитайте стандартное изменение свободной энергии при ионизации
 $\text{HF(водн.)} \rightarrow \text{H}^+(\text{водн.}) + \text{F}^-(\text{водн.})$:

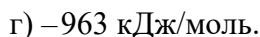
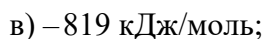
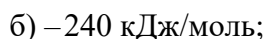
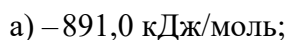


150. На основе данных:



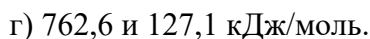
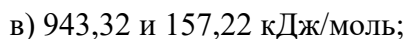
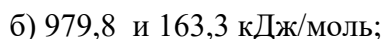
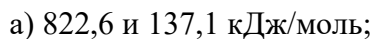
Вещество	$\text{CH}_4(\text{г})$	$2\text{O}_2(\text{г})$	$\text{CO}_2(\text{г})$	$2\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$
$\Delta H^\circ_{\text{обр.}}$, кДж/моль	$-74,5$	0	$-393,5$	$-286,0$
S° Дж/моль·К	186	205	212	70

рассчитайте стандартную свободную энергию реакции при 27°C для сжигания метана:

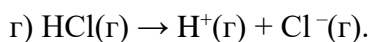
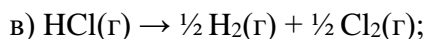
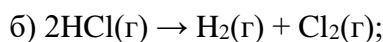
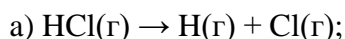


6.10. Энтальпия связи

151. $\Delta H^\circ_{\text{обр.}}$ для $\text{NF}_3(\text{г})$ составляет -113 кДж/моль. Энергия связи для N–F-связи составляет $273,5$ кДж/моль. Энергии связи N_2 и F_2 , если их величины находятся в соотношении $6 : 1$, составляют соответственно:



152. Укажите, для какой из перечисленных реакций теплота реакции соответствует энергии связи HCl:



153. Теплота, выделяющаяся при реакции $\text{H}_2(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{HCl}(\text{г})$, составляет 182 кДж. Энергия связи $\text{H}-\text{H} = 430$ кДж/моль и $\text{Cl}-\text{Cl} = 242$ кДж/моль. Определите величину энергии связи $\text{H}-\text{Cl}$:

- а) 763 кДж/моль,
- б) 245 кДж/моль,
- в) 336 кДж/моль,
- г) 154 кДж/моль.

154. ΔH для реакции $2\text{C}(\text{тв.}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6(\text{г})$ составляет $-84,7$ кДж/моль. Энергии связи (в кДж /моль) $\text{C}-\text{C}$, $\text{C}-\text{H}$ и $\text{H}-\text{H}$ равны 264, 358 и 429 соответственно. Энтальпия возгонки $\text{C}(\text{тв.})$ равна:

- а) 520 кДж /моль,
- б) 776 кДж/моль,
- в) 662 кДж/моль,
- г) 885 кДж/моль.

155. Энергия сублимации кальция составляет 121 кДж/моль. Энергия диссоциации Cl_2 составляет 242,8 кДж/моль, общая энергия ионизации $\text{Ca}(\text{г}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{г})$ равна -2422 кДж/моль, а сродство к электрону Cl составляет -355 кДж/моль. Энергия кристаллической решетки CaCl_2 составляет $-2430,8$ кДж/моль. Рассчитать ΔH для процесса $\text{Ca}(\text{тв.}) + \text{Cl}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{тв.})$:

- а) -355 кДж/моль;
- б) $+3550$ кДж/моль;
- в) $-35,5$ кДж/моль;
- г) -1720 кДж/моль.

156. Ниже приведены различные значения ΔH (кДж/моль): $\Delta\text{H}_{\text{обр.}}(\text{NaCl}) = -411,2$; $\Delta\text{H}_{\text{обр.}}(\text{Na}(\text{г})) = 107,3$; $\Delta\text{H}_{\text{обр.}}(\text{Cl}(\text{г})) = 121,7$; $\Delta\text{H}_{\text{иониз.}}(\text{Na}^+(\text{г})) = 495,4$; $\Delta\text{H}_{\text{иониз.}}(\text{Cl}^-(\text{г})) = 348,5$. Определите величину энтальпии кристаллической решетки $\text{NaCl}(\text{тв.})$:

- а) 495,4 кДж;
- б) 107,3 кДж;
- в) 411,2 кДж;
- г) 787,1 кДж.

157. Значения стандартной энтальпии образования $\text{SF}_6(\text{г})$, $\text{S}(\text{г})$ и $\text{F}(\text{г})$ составляют -1100 , 275 и 80 кДж/моль. Оцените среднюю энергию связи $\text{S}-\text{F}$ в SF_6 :

- а) 183,33 кДж/моль;
- б) 309,17 кДж/моль;
- в) 366,37 кДж/моль;
- г) 345 кДж/моль.

158. Энтальпия разложения $\text{PH}_3(\text{г})$ составляет $+954$ кДж/моль, а P_2H_4 – $+1,488$ МДж/моль. Энергия связи P–P равна:

- а) 318 кДж/моль,
- б) 372 кДж/моль,
- в) 213 кДж/моль,
- г) 534 кДж/моль.

159. АВ, A_2 и B_2 – это двухатомные молекулы. Определите, какова энергия связи A_2 , если энтальпии связи A_2 , АВ и B_2 находятся в соотношении $2 : 2 : 1$, а энтальпия образования АВ из A_2 и B_2 составляет -100 кДж/моль:

- а) 200 кДж/моль,
- б) 100 кДж/ моль,
- в) 300 кДж/моль,
- г) 400 кДж/моль.

160. Энергия кристаллической решетки твердого вещества NaCl составляет 754 кДж/моль. Растворение твердого вещества в воде в виде ионов является эндотермическим в пределах 4,19 кДж/моль. Какова энтальпия гидратации иона натрия, если энергии сольватации ионов Na^+ и Cl^- находятся в соотношении $6 : 5$:

- а) -358 кДж/моль,
- б) -408 кДж/моль,
- в) $+346$ кДж/моль,
- г) $+419$ кДж/моль.

161. Энтальпия атомизации графита составляет 698,6 кДж/моль, а средняя энтальпия связи C–C в алмазе составляет 348,4 кДж/моль. Энтальпия превращения графита в алмаз составляет:

- а) $+1,2$ кДж/моль;
- б) $+1,8$ кДж/моль;
- в) $-1,2$ кДж/моль;
- г) $-1,8$ кДж/моль.

162. Энергия кристаллической решетки $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{тв.})$ составляет 205 кДж/моль, а энергии гидратации ионов Na^+ и CO_3^{2-} составляют -80 и -40 кДж/моль соответственно. Правильный прогноз относительно растворимости Na_2CO_3 в воде таков (предположим, что ΔH не зависит от температуры):

- а) увеличивается с повышением температуры;
- б) уменьшается с повышением температуры;
- в) не подвержена влиянию изменения температуры;
- г) сначала увеличивается, а затем уменьшается с повышением температуры.

6.11. Химическое равновесие

163. Укажите реакцию, которая приближается к завершению в прямом направлении:

- а) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \rightleftharpoons \text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$;
- б) $\text{SnCl}_4 + \text{Hg}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{SnCl}_2 + 2\text{HgCl}_2$;
- в) $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH}$;
- г) $2\text{CuI} + \text{I}_2 + 4\text{K}^+ \rightleftharpoons 2\text{Cu}^{2+} + 4\text{KI}$.

164. Концентрация чистой твердой или жидкой фазы не включена в выражение константы равновесия, поскольку:

- а) концентрации твердой и жидкой фаз не зависят от их количества;
- б) твердые и жидкие вещества реагируют медленно;
- в) твердые и жидкие вещества, находящиеся в равновесии, не взаимодействуют с газовой фазой;
- г) молекулы твердых веществ и жидкостей не могут переходить в газообразную фазу.

165. Для обратимой реакции: $\text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{г})$ при температуре 500 °С значение K_p равно $1,44 \cdot 10^{-5}$ при измерении парциального давления в атмосферах. Соответствующее значение K_c с концентрацией в моль/л равно:

- а) $\frac{1,44 \cdot 10^{-5}}{(0,082 \cdot 500)^{-2}}$;
- б) $\frac{1,44 \cdot 10^{-5}}{(8,314 \cdot 773)^{-2}}$;
- в) $\frac{1,44 \cdot 10^{-5}}{(0,082 \cdot 773)^2}$;
- г) $\frac{1,44 \cdot 10^{-5}}{(0,082 \cdot 773)^{-2}}$.

166. Продолжите суждение: *когда два реагента А и В смешиваются для получения продуктов С и D, коэффициент реакции Q на начальных стадиях реакции:*

- а) равен нулю,
- б) уменьшается со временем,
- в) не зависит от времени,
- г) увеличивается со временем.

167. При постоянной температуре константа равновесия (K_p) для реакции разложения $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ выражается через $K_p = \frac{4x^2P}{1-x^2}$, где P – общее равновесное давление, x – степень разложения. Укажите, какое из следующих утверждений верно:

- а) K_p увеличивается с увеличением P;
- б) K_p увеличивается с увеличением x;
- в) K_p увеличивается с уменьшением x;
- г) K_p остается постоянным при изменении значений P и x.

168. Для реакции $\text{CaCO}_3(\text{тв.}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{тв.}) + \text{CO}_2(\text{г})$ константа равновесия будет:

- а) P_{CO_2} ;
- б) $\frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CaCO}_3}}$;
- в) $\frac{[\text{CaO}][\text{CO}_2]}{[\text{CaCO}_3]}$;
- г) $\frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CaCO}_3} \cdot P_{\text{CaO}} \cdot P_{\text{CO}_2}}$.

169. Для реакции $\text{XeF}_6 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{XeOF}_4 + 2\text{HF}$ константа равновесия = K_1 .

Для реакции $\text{XeO}_4 + \text{XeF}_6 \rightleftharpoons \text{XeOF}_4 + \text{XeO}_3\text{F}_2$ константа равновесия = K_2 .

Константа равновесия для реакции $\text{XeO}_4 + 2\text{HF} \rightleftharpoons \text{XeO}_3\text{F}_2 + \text{H}_2\text{O}$ будет равна:

- а) $\frac{K_1}{K_2}$;
- б) $K_1 + K_2$;
- в) $\frac{K_2}{K_1}$;
- г) $K_2 - K_1$.

170. K_p для образования этана из водорода и этилена составляет $5,5 \cdot 10^{18} \text{ атм}^{-1}$, а K_p для образования этилена из водорода и ацетиленов составляет $5 \cdot 10^{26} \text{ атм}^{-1}$ при 323 К. Укажите, какова величина K_p для реакции между водородом и ацетиленом с образованием этана при 323 К:

- а) $2,75 \cdot 10^{45} \text{ атм}^{-2}$;
- б) $1,1 \cdot 10^{-8}$;
- в) $9,09 \cdot 10^7$;
- г) $3,63 \cdot 10^{-16} \text{ атм}^2$.

171. Для обратимой реакции $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C}$, если концентрации *реагентов* удвоить при определенной температуре, константа равновесия будет:

- а) удвоена,
- б) уменьшена вдвое,
- в) станет на одну четверть меньше,
- г) останется прежней.

172. Отношение K_c/K_p для реакции $\text{CO}(\text{г}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{г})$ будет:

- а) $\frac{1}{\sqrt{RT}}$;
- б) \sqrt{RT} ;
- в) $\frac{1}{RT}$;
- г) 1.

173. При одинаковой температуре константа равновесия для реакции $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ равна K_1 , а константа равновесия для реакции $NO(g) \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$ равна K_2 . K_1 и K_2 связаны следующим образом:

а) $K_1 = \left(\frac{1}{K_2}\right)^2$;

б) $K_1 = K_2^2$;

в) $K_2 = \left(\frac{1}{K_1}\right)^2$;

г) $K_2 = K_1^2$.

174. Приведены константы равновесия для некоторых реакций. Определите, в каком из следующих случаев реакция завершается быстрее всего:

а) $K = 10^2$;

б) $K = 10^{-2}$;

в) $K = 10$;

г) $K = 1$.

175. Для обратимой реакции константы скорости прямой и обратной реакций равны $0,16$ и $4 \cdot 10^4$ соответственно. Укажите, каково значение константы равновесия реакции:

а) $0,25 \cdot 10^6$;

б) $2,5 \cdot 10^5$;

в) $4 \cdot 10^{-6}$;

г) $4 \cdot 10^4$.

176. В реакции $2NOBr(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + Br_2(g)$ константа равновесия K_c равна $3,07 \cdot 10^{-4}$ при $24^\circ C$. Укажите правильный набор концентраций, при которых скорость прямой реакции выше, чем скорость обратной:

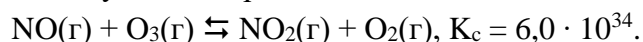
а) $[NOBr] = 0,06 M$, $[NO] = 0,015 M$, $[Br_2] = 0,01 M$;

б) $[NOBr] = 0,15 M$, $[NO] = 0,015 M$, $[Br_2] = 0,014 M$;

в) $[NOBr] = 0,18 M$, $[NO] = 0,012 M$, $[Br_2] = 0,02 M$;

г) $[NOBr] = 0,045 M$, $[NO] = 0,0105 M$, $[Br_2] = 0,01 M$.

177. NO_2 участвует в образовании смога и кислотных дождей. Важно, что он образуется следующим образом:



Воздух над городом содержал $1,0 \cdot 10^{-5} M NO$, $1,0 \cdot 10^{-6} M O_3$, $2,5 \cdot 10^{-4} M NO_2$ и $8,2 \cdot 10^{-3} M O_2$. Эти данные свидетельствуют о том, что:

а) наблюдается тенденция к образованию большего количества NO и O_3 ;

б) наблюдается тенденция к образованию большего количества NO_2 и O_2 ;

в) наблюдается тенденция к образованию большего количества NO_2 и O_3 ;

г) тенденция к изменению отсутствует, поскольку реакция находится в равновесии.

178. Для реакции $I_2(g) \rightleftharpoons 2I(g)$, $K_c = 1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л. Определите, какой объем сосуда следует взять, чтобы в равновесии находились 1 моль I_2 и 0,5 моля I :

- а) 25 л;
- б) 0,04 л;
- в) 0,25 л;
- г) 5 л.

179. Константа равновесия для реакции $3C_2H_2 \rightleftharpoons C_6H_6$ равна 4,0 при T К. При равновесной концентрации C_2H_2 равной 0,5 М, равновесная концентрация C_6H_6 равна:

- а) 0,5 М;
- б) 1,5 М;
- в) $5 \cdot 2$ М;
- г) 0,25 М.

180. Равновесная смесь для реакции $2H_2S(g) \rightleftharpoons 2H_2(g) + S_2(g)$ содержит 1 моль H_2S , 0,20 моля H_2 и 0,80 моля S_2 в емкости объемом 2 л. K_c для реакции составляет:

- а) 0,16 М;
- б) 0,008 М;
- в) 0,016 М;
- г) 0,032 М.

181. Газообразная смесь содержит 0,30 моля CO , 0,10 моля H_2 и 0,03 моля пара H_2O , а также неизвестное количество CH_4 на литр. Эта смесь находится в равновесии при температуре 1 200 К. $CO(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g) + H_2O(g)$. Укажите концентрацию CH_4 в этой смеси, если константа равновесия K_c равна 3,9:

- а) 0,39 М;
- б) 0,039 М;
- в) 0,78 М;
- г) 0,078 М.

182. Для реакции $2NOCl(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + Cl_2(g)$, $\Delta H^\circ = 18$ ккал и $\Delta S^\circ = 30$ кал/К при температуре 300 К. Укажите величину константы равновесия K_p° для реакции при 300 К:

- а) e^{15} ,
- б) e^{-15} ,
- в) e^{-18} ,
- г) e^{-12} .

183. Для газофазной реакции $2NO(g) \rightleftharpoons N_2(g) + O_2(g)$ $\Delta H = -43,5$ ккал. Укажите, какое из следующих соотношений справедливо для реакции $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$:

- а) K не зависит от T ,
- б) K уменьшается с уменьшением T ,
- в) K увеличивается с уменьшением T ,
- г) K изменяется в зависимости от добавления NO .

184. Константа равновесия для реакции $\text{N}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{г})$ равна $4,0 \cdot 10^{-4}$ при 2 000 К. В присутствии катализатора равновесие достигается в 10 раз быстрее. Следовательно, константа равновесия в присутствии катализатора при 2 000 К составляет:

- а) $4 \cdot 10^{-3}$;
- б) $4 \cdot 10^{-5}$;
- в) $4 \cdot 10^{-4}$;
- г) непредсказуемая.

185. Стандартная энтальпия образования $\text{NH}_3(\text{г})$ составляет $-40,0$ кДж/моль, а стандартные энтропии $\text{N}_2(\text{г})$, $\text{H}_2(\text{г})$ и $\text{NH}_3(\text{г})$ составляют соответственно 191, 130 и 192 Дж/К·моль. Укажите, каково приблизительное значение $\log K_p$ для реакции $\text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{г})$ при 25 °С:

- а) 0,04;
- б) 7,05;
- в) 8,6;
- г) 3,73.

186. Если K_1 и K_2 являются константами равновесия для обратимой реакции при температурах $T_1\text{К}$ и $T_2\text{К}$ соответственно ($T_1 < T_2$) и реакция протекает без выделения или поглощения тепла, то K_1 и K_2 имеют следующее соотношение:

- а) $K_1 > K_2$ при высокой температуре;
- б) $K_1 < K_2$ при высокой температуре;
- в) $K_1 = K_2$ только при высокой температуре;
- г) $K_1 = K_2$ при любой температуре.

187. На основе анализа следующих данных реакций

- 1) $\text{H}_2(\text{г}) + \text{CO}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{г}) + \text{CO}(\text{г})$, $K_{2\,000\text{ К}} = 4,4$;
- 2) $2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$, $K_{2\,000\text{ К}} = 5,31 \cdot 10^{-10}$;
- 3) $2\text{CO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{г})$, $K_{1\,000\text{ К}} = 2,24 \cdot 10^{22}$

укажите, какой является реакция (3):

- а) экзотермической,
- б) эндотермической,
- в) изотермической,
- г) точно сказать нельзя.

188. При равновесном разложении определенного карбоната металла парциальное давление CO_2 увеличивается в 100 раз, когда температура повышается от 400 К до 500 К. Укажите, каково среднее значение ΔH° для данного диапазона температур:

- а) 77 кДж/моль;
- б) 57,9 кДж/моль;
- в) 62 кДж/моль;
- г) 45,4 кДж/моль.

189. Константы равновесия для реакции: $A_2 \rightleftharpoons 2A$ при 500 К и 1 000 К равны $1 \cdot 10^{-10}$ и $11 \cdot 10^{-5}$ соответственно. Реакция будет:

- а) экзотермическая,
- б) очень медленная,
- в) очень быстрая,
- г) эндотермическая.

190. Энергии активации прямой и обратной элементарных реакций в системе $A \rightleftharpoons B$ составляют 43,137 кДж и 33,494 кДж соответственно при 500 К. Предполагая, что предэкспоненциальный коэффициент одинаков как для прямой, так и для обратной стадий, укажите значение константы равновесия реакции при 500 К:

- а) 4,31;
- б) 43,1;
- в) 431;
- г) 0,43.

191. Значение ΔG° для реакции: $X + Y \rightleftharpoons C$ равно $-4,606$ ккал при 1 000 К. Укажите значение константы равновесия для обратного режима реакции:

- а) 100;
- б) 10;
- в) 0,01;
- г) 0,1.

192. Для газового равновесия $2A(г) \rightleftharpoons 2B(г) + C(г)$ K_p имеет значение 1,8 при 700 К. Значение K_c для равновесия: $2B(г) + C(г) \rightleftharpoons 2A(г)$ при этой температуре составляет около:

- а) 0,031;
- б) 32;
- в) 57,4;
- г) 103,3.

6.12. Гетерогенное равновесие

193. Образец BaO_2 массой 25 г нагревают до 954 К в закрытом жестком вакуумированном сосуде емкостью 8,21 л: $2BaO_2(тв.) \rightleftharpoons 2Ba(тв.) + O_2(г)$, $K_p = 0,5$ атм. Укажите, какой процент пероксида превращается в оксид:

- а) 20 %,
- б) 50 %,
- в) 75 %,
- г) 80 %.

194. Для реакции $NH_2COONH_4(тв.) \rightleftharpoons 2NH_3(г) + CO_2(г)$, $K_p = 3,2 \cdot 10^{-5}$ атм³. Общее давление газообразных продуктов при достаточном количестве реагента для достижения равновесия составляет:

- а) 0,02 атм;
- б) 0,04 атм;
- в) 0,06 атм;
- г) 0,095 атм.

195. При определенной температуре K_p для диссоциации твердого CaCO_3 составляет $4,5 \cdot 10^{-2}$ атм, а для реакции $\text{C(тв.)} + \text{CO}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{г})$ значение K_p равно 2,0 атм. Давление монооксида углерода при этой температуре, когда твердый углерод, CaO и CaCO_3 смешиваются и достигают равновесия, составляет:

- а) 0,09 атм;
- б) 0,30 атм;
- в) 2,1 атм;
- г) 0,47 атм.

196. Значение K_p для равновесного состояния $\text{NH}_4\text{HS(тв.)} \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{г}) + \text{H}_2\text{S}(\text{г})$ при определенной температуре и общем равновесном давлении в 2 атм будет равно:

- а) $0,25 \text{ атм}^2$;
- б) $0,25 \text{ атм}^2$;
- в) $4,0 \text{ атм}^2$;
- г) 1,0 атм.

197. Железную пластинку и воду поместили в 5-литровый сосуд и запечатали. Резервуар нагрели до температуры 0°C . При анализе было обнаружено, что в резервуаре содержится 1,2 г $\text{H}_2(\text{г})$ и 54,0 г $\text{H}_2\text{O}(\text{г})$. Если реакция протекала по уравнению $3\text{Fe(тв.)} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{тв.)} + 4\text{H}_2(\text{г})$, значение константы равновесия равно:

- а) 0,2;
- б) 0,04;
- в) 0,008;
- г) 0,0016.

198. При температуре $1\ 000^\circ\text{C}$ и давлении 16 атм константа равновесия реакции $\text{CO}_2(\text{г}) + \text{C(тв.)} \rightleftharpoons 2\text{CO(тв.)}$ такова, что на каждые девять молей CO приходится один моль CO_2 . Укажите, при каком давлении смеси соотношение $\text{CO} : \text{CO}_2 = 4 : 1$, если температура остается на уровне $1\ 000^\circ\text{C}$:

- а) 40,5 атм;
- б) 81 атм;
- в) 33,75 атм;
- г) 6,7 атм.

199. При определенной температуре K_p для реакции $2\text{CO}(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{г}) + \text{C(графит)}$ составляет $0,1 \text{ атм}^{-1}$. Укажите, каково соотношение парциальных давлений CO и CO_2 при равновесии, если принять общее давление равным 1,1 атм:

- а) 9 : 1;
- б) 10 : 1;
- в) 1 : 10;
- г) 1 : 9.

200. Для равновесия $\text{LiCl} \cdot 3\text{NH}_3(\text{тв.}) \rightleftharpoons \text{LiCl} \cdot \text{NH}_3(\text{тв.}) + 2\text{NH}_3(\text{г.})$; $K_p = 9$ атм при 27°C . Емкость объемом 8,21 л содержит 0,1 моля $\text{LiCl} \cdot \text{NH}_3(\text{тв.})$. Укажите, сколько молей $\text{NH}_3(\text{г.})$ следует добавить в колбу при данной температуре, чтобы завершилась обратная реакция:

- а) 0,8;
- б) 1,0;
- в) 1,2;
- г) 1,1.

201. Реакция $\text{ZnO}(\text{тв.}) + \text{CO}(\text{г.}) \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{г.}) + \text{CO}_2(\text{г.})$ имеет постоянную равновесия 1 атм при 1 500 К. Равновесное парциальное давление паров цинка в реакционном сосуде, если эквимольную смесь CO и CO_2 привести в контакт с твердым ZnO при 1 500 К и достичь равновесия при 1 атм, составляет:

- а) 0,68 атм;
- б) 0,76 атм;
- в) 0,24 атм;
- г) 0,5 атм.

202. Укажите, каким будет равновесное парциальное давление газообразного H_2S при нагревании 0,3 моля газообразного водорода и 2,0 моля твердой серы ($\text{H}_2(\text{г.}) + \text{S}(\text{тв.}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}(\text{г.})$) до 87°C в емкости объемом 2,0 л (справочные данные: $K_c = 0,08$; $R = 0,081$ атм/К · моль):

- а) 0,32 атм;
- б) 0,43 атм;
- в) 0,62 атм;
- г) 0,48 атм.

6.13. Принцип Ле Шателье

203. Рассмотрите следующее равновесие в закрытом пластиковом сосуде: $\text{N}_2\text{O}_4(\text{г.}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{г.})$. При фиксированной температуре объем реакционного контейнера уменьшается вдвое. Укажите, какое из приведенных ниже утверждений относительно константы равновесия (K_p) и степени диссоциации (α) справедливо для этого изменения:

- а) ни K_p , ни α не меняются;
- б) меняются и K_p , и α ;
- в) изменяется K_p , но α остается неизменным;
- г) K_p не изменяется, но изменяется α .

204. Укажите, какой из следующих гипотетических реакций способствует повышению температуры, а также давления:

- а) $\text{A}(\text{тв.}) + 2\text{B}(\text{г.}) \rightleftharpoons \text{B}(\text{г.}) + \text{Г}(\text{г.})$, $\Delta H = +$;
- б) $\text{A}(\text{тв.}) + 2\text{B}(\text{г.}) \rightleftharpoons 2\text{B}(\text{г.}) + \text{Г}(\text{г.})$, $\Delta H = +$;
- в) $2\text{A}(\text{тв.}) + \text{B}(\text{г.}) \rightleftharpoons 2\text{B}(\text{г.}) + \text{Г}(\text{тв.})$, $\Delta H = +$;
- г) $2\text{A}(\text{тв.}) + 2\text{B}(\text{г.}) \rightleftharpoons 2\text{B}(\text{г.}) + 2\text{Г}(\text{г.})$, $\Delta H = -$.

205. Укажите, к чему привело бы удвоение количества АВ(тв.) в системе $AB(тв.) \rightleftharpoons A(г) + B(г)$:

- а) увеличению количества А, чтобы удвоить его значение;
- б) увеличению количества В, чтобы удвоить его значение;
- в) увеличению в некоторой степени количества как А, так и В;
- г) не вызвало бы изменений в количестве А и В.

206. Если в системе $A(тв.) \rightleftharpoons 2B(г) + 3C(г)$ равновесную концентрацию С увеличить в 2 раза, это приведет к уменьшению равновесной концентрации В:

- а) в два раза больше исходного значения,
- б) в два раза меньше половины исходного значения,
- в) в 2 раза больше исходного значения,
- г) в 8 раз больше исходного значения.

207. Идет реакция в соответствии с уравнением $MgCO_3(тв.) \rightleftharpoons MgO(тв.) + CO_2(г)$. Если количество молей MgO в сосуде удваивается одновременно:

- а) коэффициент реакции Q уменьшается вдвое;
- б) коэффициент реакции Q удваивается;
- в) количество молей CO₂, присутствующих в равновесии, уменьшается вдвое;
- г) парциальное давление CO₂ в сосуде остается неизменным.

208. Укажите, что произойдет, если в равновесной системе лед – вода увеличить давление:

- а) образуется больше льда,
- б) лед будет увеличиваться в объеме,
- в) образуется больше воды,
- г) равновесие не нарушится.

209. Равновесие $SOCl_2(г) \rightleftharpoons SO_2(г) + Cl_2(г)$ достигается при температуре 25 °С в закрытом сосуде и вводится газообразный гелий. Укажите, какое из следующих утверждений верно:

- а) концентрация SO₂ увеличивается,
- б) образуется больше Cl₂,
- в) концентрации всех компонентов изменяются,
- г) концентрации всех компонентов не изменяются.

210. При растворении ацетата кальция в воде выделяется тепло. При повышении температуры растворимость ацетата кальция:

- а) увеличивается;
- б) уменьшается;
- в) сначала увеличивается, а затем уменьшается;
- г) повышение температуры на растворимость не влияет.

211. Процесс Габера – Боша для производства аммиака обычно проводится при температуре около 500 °С. Если бы вместо 500 °С использовалась температура около 250 °С:

- а) аммиак не образовывался бы;
- б) процентное содержание аммиака в равновесной смеси было бы слишком низким;
- в) катализатор был бы бесполезен;
- г) процентное содержание аммиака в равновесной смеси было бы слишком высоким.

212. Плотность алмаза и графита составляет соответственно 3,5 г/см³ и 2,4 г/см³. Увеличение давления (при постоянной температуре) при равновесии $C(\text{алмаз}) \rightleftharpoons C(\text{графит})$:

- а) благоприятствует прямой реакции,
- б) благоприятствует обратной реакции,
- в) не оказывает влияния,
- г) увеличивает константу равновесия.

213. В колбе бесцветный N₂O₄ находится в равновесии с коричневым NO₂. В равновесном состоянии, когда колба нагревается до 100 °С, коричневый цвет становится более насыщенным, а при охлаждении – менее насыщенным. Изменение энтальпии ΔН для системы:

- а) отрицательное,
- б) положительное,
- в) нулевое,
- г) неопределенное.

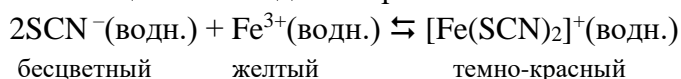
214. Для химической реакции $3X(\text{г}) + Y(\text{г}) \rightleftharpoons X_3Y(\text{г})$ на равновесное количество X₃Y влияют:

- а) T и P;
- б) только T;
- в) только P;
- г) T, P и катализатор.

215. Укажите, что изменится при увеличении давления в равновесном состоянии $\text{вода} \rightleftharpoons \text{водяной пар}$:

- а) температура кипения воды повысится,
- б) температура кипения воды понизится,
- в) температура кипения воды не изменится,
- г) температура кипения не связана с давлением.

216. Вещества находятся в равновесии:



При добавлении тиоцианат-ионов в равновесную смесь:

- а) раствор становится бесцветным,
- б) желтый цвет раствора становится более насыщенным,
- в) красный цвет раствора становится более насыщенным,
- г) концентрация иона $[\text{Fe}(\text{SCN})_2]^+$ уменьшится.

217. В водном растворе объемом 500 мл, когда реакция $2\text{Ag}^+(\text{водн.}) + \text{Cu}(\text{тв.}) \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}(\text{водн.}) + 2\text{Ag}(\text{тв.})$ достигла равновесия, концентрация ионов Cu^{2+} составила x М. К этому раствору добавляют 500 мл воды. При новом равновесии концентрация ионов Cu^{2+} будет составлять:

- а) $2x$ М;
- б) x М;
- в) от x до $0,5x$ М;
- г) менее $0,5x$ М.

218. В реакции $\text{PCl}_5(\text{г}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г})$ парциальное давление PCl_3 , Cl_2 и PCl_5 составляет 0,3, 0,2 и 0,6 атм соответственно. Укажите, каким будет парциальное давление PCl_5 (в атм), если при новом равновесии парциальное давление PCl_3 и Cl_2 будет увеличено вдвое:

- а) 0,3;
- б) 1,2;
- в) 2,4;
- г) 0,15.

219. В равновесной смеси $\text{H}_2(\text{г}) + \text{I}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{г})$ молярное соотношение газов равно $\sqrt{2} : \sqrt{2} : 10$. Укажите, как повлияет на молярное соотношение добавление 5 молей газообразного неона при постоянном давлении:

- а) изменений не будет;
- б) новое молярное соотношение становится равным $1 : 1 : 5$;
- в) новое молярное соотношение становится равным $2 : 2 : 5$;
- г) новое молярное соотношение становится равным $2 : 2 : 5\sqrt{2}$.

220. Один моль Ne (г, бесцветный) добавляют к равновесной смеси, содержащей N_2O_4 (г, бесцветный) и NO_2 (г, красно-коричневый), которые находятся в цилиндрическом поршневом устройстве и поддерживаются при постоянном давлении и температуре. Укажите, к чему это приведет:

- а) цвет равновесной смеси не изменится;
- б) цвет равновесной смеси станет светлее;
- в) цвет равновесной смеси станет темнее;
- г) Ne не влияет на равновесный состав.

221. Образование SO_3 находится в соответствии с реакцией:

$2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{г})$, $\Delta H = -198$ кДж. Укажите, что из перечисленного может изменить значение константы равновесия в указанной реакции:

- а) добавление газообразного He в реакционный сосуд,
- б) добавление большего количества O_2 в реакционный сосуд,
- в) повышение температуры,
- г) удвоение объема реакционного сосуда.

222. Укажите, какое сочетание давления и температуры дает наибольший выход В при равновесии для химического уравнения $2A(г) + B(г) \rightleftharpoons 2B(г) + 8 \text{ ккал}$:

- а) 1 000 атм и 500 °С,
- б) 500 атм и 500 °С,
- в) 500 атм и 100 °С,
- г) 1 000 атм и 100 °С.

6.14. Электрохимия

223. Металлический стержень погружают в раствор содержащихся в нем ионов. Его электродный потенциал *не зависит*:

- а) от температуры раствора;
- б) концентрации раствора;
- в) площади поверхности металла, на которую воздействуют;
- г) природы металла.

224. Индикаторный электрод представляет собой:

- а) стандартный водородный электрод,
- б) каломельный электрод,
- в) хлорсеребряный электрод,
- г) хингидронный электрод.

225. Положение некоторых металлов в электрохимическом ряду по убывающей электроположительности представлено следующим образом: $Mg > Al > Zn > Cu > Ag$. Укажите, что произойдет, если раствор нитрата алюминия размешать медной ложкой:

- а) ложка покроется алюминием,
- б) образуется сплав меди и алюминия,
- в) раствор станет синим,
- г) химические изменения не произойдут.

226. Четыре бесцветных раствора солей помещают в отдельные пробирки, в каждую из которых помещают полоску меди. Укажите, какой раствор в итоге становится синим:

- а) $AgNO_3$,
- б) $Pb(NO_3)_2$,
- в) $Zn(NO_3)_2$,
- г) $Cd(NO_3)_2$.

227. Металлом, который может восстановить алюминий из его оксида, является:

- а) К,
- б) Mn,
- в) Cr,
- г) Fe.

228. Бериллий находится выше магния во второй группе. Таким образом, бериллиевая пыль при добавлении в раствор MgCl_2 :

- а) не будет оказывать никакого эффекта,
- б) будет осаждать металлический Mg,
- в) будет осаждать MgO ,
- г) приведет к растворению металлического Be в растворе соли.

229. Стандартный водородный электрод имеет нулевой электродный потенциал, поскольку:

- а) водород легче всего окисляется;
- б) предполагается, что этот электродный потенциал равен нулю;
- в) атом водорода имеет только один электрон;
- г) водород – самый легкий элемент.

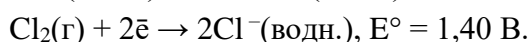
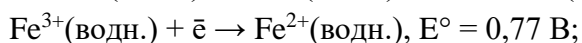
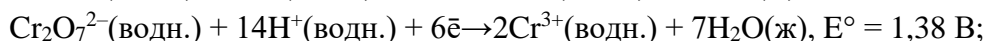
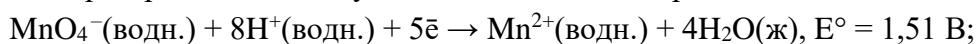
230. Стандартные значения восстановительного потенциала трех металлических катионов X, Y и Z равны +0,52, –3,03 и –1,18 В. Порядок восстановления соответствующих металлов следующий:

- а) $Y > Z > X$;
- б) $X > Y > Z$;
- в) $Z > Y > X$;
- г) $Z > X > Y$.

231. Газ «X» при давлении 1 атм и температуре 25 °С пропускают барботажем через раствор, содержащий смесь 1 М «Y» и 1 М «Z». При потенциале восстановления $Z > Y > X$:

- а) Y будет окислять X, а не Z;
- б) Y будет окислять Z, а не X;
- в) Y будет окислять как X, так и Z;
- г) Y будет восстанавливать как X, так и Z.

232. Данные о стандартном потенциале электрода полезны для понимания пригодности окислителя при окислительно-восстановительном титровании. Ниже приведены некоторые реакции на полуэлементах и их стандартные потенциалы:



Укажите единственное *неверное* утверждение, касающееся количественной оценки окисления водного раствора $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$:

- а) MnO_4^- можно использовать в водном растворе HCl ;
- б) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ можно использовать в водном растворе HCl ;
- в) MnO_4^- можно использовать в водном растворе H_2SO_4 ;
- г) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ можно использовать в водном растворе H_2SO_4 .

233. Порядок уменьшения стандартного электродного потенциала для Mg, K, Ba и Ca составляет:

- а) K, Ca, Ba, Mg;
- б) Ba, Ca, K, Mg;
- в) Ca, Mg, K, Ba;
- г) Mg, Ca, Ba, K.

234. Металл, имеющий отрицательный восстановительный потенциал, при погружении в раствор его собственных ионов имеет тенденцию:

- а) сохраняться в виде атомов металла,
- б) становиться электрически положительным,
- в) становиться электрически отрицательным,
- г) осаждаться из раствора.

235. Укажите ион, по отношению к которому каломельный электрод является обратимым:

- а) Hg_2^{2+} ,
- б) H^+ ,
- в) Hg^{2+} ,
- г) Cl^- .

236. Укажите, что из перечисленного не окисляется бромной водой:

- а) Fe^{2+} преобразуется в Fe^{3+} ;
- б) Cu^+ преобразуется в Cu^{2+} ;
- в) Mn^{2+} преобразуется в MnO_4^- ;
- г) Sn^{2+} преобразуется в Sn^{4+} .

237. Укажите причину использования KCl в солевом мостике:

- а) он является сильным электролитом;
- б) он является хорошим проводником электричества;
- в) ионы K^+ и Cl^- обладают почти одинаковой ионной подвижностью;
- г) это ионное соединение.

238. Укажите, на сколько изменится окислительная способность пары $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$, если уменьшить концентрацию ионов H^+ в 100 раз при 25 °C:

- а) увеличится на 189 мВ,
- б) уменьшится на 189 мВ,
- в) увеличится на 19 мВ,
- г) уменьшится на 19 мВ.

239. Раствор CuSO_4 , в который погружен медный стержень, разбавляют в 10 раз. Потенциал восстановительного электрода:

- а) увеличивается на 0,0295 В,
- б) уменьшается на 0,0295 В,
- в) увеличивается на 0,059,
- г) уменьшается на 0,059 В.

240. Стандартный восстановительный потенциал кислорода в кислом растворе равен +1,23 В. Укажите, каков стандартный восстановительный потенциал кислорода в щелочном растворе:

- а) +0,404 В;
- б) -0,404 В;
- в) +2,056 В;
- г) -2,056 В.

241. Стандартные восстановительные потенциалы Cu^{2+}/Cu и $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$ составляют 0,337 В и 0,153 В соответственно. Стандартный электродный потенциал полуэлемента Cu^+/Cu составляет:

- а) 0,184 В;
- б) 0,827 В;
- в) 0,521 В;
- г) 0,490 В.

242. Электродный потенциал водородного электрода в нейтральном растворе при температуре 298 К равен:

- а) -0,413 В;
- б) нулю;
- в) -0,826 В;
- г) +0,413 В.

243. Потенциал электрода будет больше для водородного электрода (при той же температуре) при рН:

- а) 4,
- б) 3,
- в) 2,
- г) 5.

244. Укажите причину использования насыщенного раствора KNO_3 для создания «солевого мостика»:

- а) скорость K^+ больше скорости NO_3^- ;
- б) скорость NO_3^- больше скорости K^+ ;
- в) скорости как K^+ , так и NO_3^- почти одинаковы;
- г) KNO_3 хорошо растворим в воде.

245. Стандартные восстановительные потенциалы $\text{Pt}|\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}, \text{Cr}^{3+}$; $\text{Pt}|\text{MnO}_4^-, \text{Mn}^{2+}$; $\text{Pt}|\text{Ce}^{4+}, \text{Ce}^{3+}$ в присутствии кислоты при 25 °С составляют 1,33 В, 1,51 В и 1,61 В соответственно. Порядок убывания окислительной способности следующий:

- а) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} > \text{MnO}_4^- > \text{Ce}^{4+}$;
- б) $\text{MnO}_4^- > \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} > \text{Ce}^{4+}$;
- в) $\text{Ce}^{4+} > \text{MnO}_4^- > \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$;
- г) $\text{MnO}_4^- > \text{Ce}^{4+} > \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$.

246. Стандартные восстановительные потенциалы $\text{Li}^+|\text{Li}$, $\text{Ba}^{2+}|\text{Ba}$, $\text{Na}^+|\text{Na}$ и $\text{Mg}^{2+}|\text{Mg}$ при 25°C составляют $-3,05$, $-2,73$, $-2,71$ и $-2,37$ В соответственно. Укажите, какой восстановитель является самым сильным;

- а) Li,
- б) Ba,
- в) Na,
- г) Mg.

247. Приведены некоторые стандартные электродные потенциалы:

$\text{Fe}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Fe}$; $E^\circ = -0,440$ В; $\text{Fe}^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Fe}$; $E^\circ = -0,036$ В.

Стандартный электродный потенциал для $\text{Fe}^{3+} + \bar{e} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ составляет:

- а) $-0,476$ В;
- б) $-0,404$ В;
- в) $+0,988$ В;
- г) $+0,772$ В.

248. Константа диссоциации для CH_3COOH составляет $1,8 \cdot 10^{-5}$ при 298 К. Укажите электродный потенциал при 298 К для полужайки $\text{Pt}|\text{H}_2$ (1 бар) = $0,5$ М CH_3COOH ($\log 2 = 0,3$; $\log 3 = 0,48$; $2,303RT/F = 0,06$):

- а) $-0,3024$ В;
- б) $-0,1512$ В;
- в) $+0,3024$ В;
- г) $+0,1512$ В.

249. При 25°C произведение растворимости CuCl равно $2,0 \cdot 10^{-7}$, а $E^\circ_{\text{Cl}^-/\text{CuCl}/\text{Cu}} = 0,128$ В ($\log 2 = 0,3$; $2,303 RT/F = 0,06$). Значение $E^\circ_{\text{Cu}^+/\text{Cu}}$ составляет:

- а) $-0,274$ В;
- б) $-0,402$ В;
- в) $+0,53$ В;
- г) $+0,402$ В.

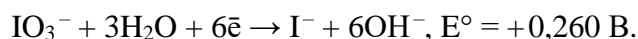
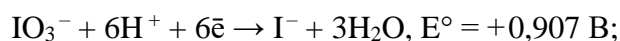
250. Стандартный восстановительный потенциал кислорода в кислом растворе составляет $1,23$ В ($\text{O}_2 + 4\text{H}_3\text{O}^+ + 4\bar{e} \rightarrow 6\text{H}_2\text{O}$). ($2,303RT/F = 0,06$.) Стандартный восстановительный потенциал кислорода в основном растворе равен:

- а) $-1,23$ В;
- б) $-0,39$ В;
- в) $+0,39$ В;
- г) $+2,07$ В.

251. Стандартные потенциалы электродов $\text{MnO}_4^-|\text{Mn}^{2+}$ и $\text{MnO}_2|\text{Mn}^{2+}$ в растворе кислоты составляют $1,51$ В и $1,23$ В соответственно. Стандартный электродный потенциал для электрода $\text{MnO}_4^-|\text{MnO}_2$ в кислом растворе равен:

- а) $+1,697$ В;
- б) $+5,09$ В;
- в) $+0,28$ В;
- г) $+1,37$ В.

252. Следующие реакции представляют собой превращение иона IO_3^- в ион I^- в кислой и щелочной среде:



Укажите, в какой среде ион IO_3^- будет лучшим окислителем:

- а) кислой,
- б) щелочной,
- в) в обеих средах действие будет одинаковым,
- г) непредсказуемо.

6.15. Гальванический элемент

253. Укажите правильную схему элемента и E° для элемента реакции $2\text{AgBr(тв.)} + \text{H}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{Ag(тв.)} + 2\text{H}^+ + 2\text{Br}^-$, $E^\circ_{\text{AgBr}|\text{Ag}|\text{Br}^-} = +0,10 \text{ В}$:

- а) $(\text{Pt}) \text{H}_2 | \text{H}^+ || \text{Br}^- | \text{AgBr} | \text{Br}_2 (\text{Pt})$, $E^\circ = 0,10 \text{ В}$;
- б) $(\text{Pt}) \text{H}_2 | \text{H}^+ || \text{Br}^- | \text{AgBr} | \text{Br}_2 (\text{Pt})$, $E^\circ = -0,10 \text{ В}$;
- в) $(\text{Pt}) \text{Br}_2 | \text{AgBr} | \text{Br}^- || \text{H}^+ | \text{H}_2 (\text{Pt})$, $E^\circ = 0,10 \text{ В}$;
- г) $(\text{Pt}) \text{Br}_2 | \text{AgBr} | \text{Br}^- || \text{H}^+ | \text{H}_2 (\text{Pt})$, $E^\circ = -0,10 \text{ В}$.

254. В экспериментальной установке для измерения ЭДС полуэлемента с использованием электрода сравнения и солевого мостика, когда солевой мостик удален, напряжение:

- а) остается неизменным,
- б) увеличивается до максимального значения,
- в) уменьшает вдвое величину,
- г) падает до нуля.

255. Через некоторое время напряжение электрохимического элемента становится равным нулю. Причина этого:

- а) электродный потенциал электродов становится равным нулю;
- б) восстановительный потенциал становится равным окислительному, но имеет противоположный знак;
- в) восстановительные потенциалы электродов становятся равными и имеют одинаковый знак;
- г) ионы электролита в солевом мостике перестают перемещаться.

256. Реакция для данной ячейки $\text{Pt}, \text{Cl}_2 (P_1 \text{ атм}) | \text{Cl}^- | \text{Cl}_2 (P_2 \text{ атм}), \text{Pt}$ является самопроизвольной, если:

- а) $P_1 > P_2$;
- б) $P_1 < P_2$;
- в) $P_1 = P_2$;
- г) $P_1 = 1 \text{ атм}$.

257. Укажите, какое из следующих утверждений *неверно* в отношении электрохимического элемента:

- а) электрод, на котором происходит окисление, называется анодом;
- б) анод – это отрицательный полюс;
- в) направление тока совпадает с направлением потока электронов;
- г) поток электрического тока частично обусловлен потоком электронов, а частично – потоком ионов.

258. Когда электрический ток подается из гальванического элемента:

- а) ЭДС внезапно возрастает;
- б) ЭДС постепенно увеличивается и достигает максимального значения;
- в) ЭДС уменьшается и, наконец, падает до нуля;
- г) ЭДС должна оставаться постоянной.

259. Определение анода и катода в электрохимической ячейке производится с помощью:

- а) гальванометра,
- б) солевого моста,
- в) вольтметра,
- г) потенциометра.

260. Для элемента $Zn | Zn^{2+} || Cu^{2+} | Cu$, если концентрация ионов Zn^{2+} и Cu^{2+} удвоится, ЭДС элемента:

- а) удвоится,
- б) уменьшится наполовину,
- в) остается неизменным,
- г) станет равным нулю.

261. Стандартную ЭДС гальванического элемента можно рассчитать, исходя из:

- а) размера электрода,
- б) pH раствора,
- в) количества металла в аноде,
- г) значения E° для полуэлементов.

262. Значение константы равновесия для возможной реакции в ячейке должно быть:

- а) < 1 ,
- б) равным нулю,
- в) равным 1,
- г) > 1 .

263. Укажите систему из следующих металлов, которая при соединении даст максимальную ЭДС для гальванического элемента:

- а) Fe и Cu,
- б) Pb и Au,
- в) Cu и Au,
- г) Ca и Cu.

264. При зарядке свинцовой аккумуляторной батареи:

- а) PbO_2 растворяется,
- б) свинцовый электрод покрывается сульфатом свинца,
- в) серная кислота регенерируется,
- г) количество кислоты уменьшается.

265. Использование металлического лития в качестве электрода в батареях с высокой плотностью энергии обусловлено тем, что:

- а) литий является самым легким элементом,
- б) литий обладает самым высоким потенциалом окисления,
- в) литий обладает высокой реакционной способностью,
- г) литий не подвержен коррозии.

266. Деполяризатор, используемый в сухих аккумуляторных батареях, это:

- а) NH_4Cl ,
- б) MnO_2 ,
- в) KOH ,
- г) Na_3PO_4 .

267. Укажите варианты ответов, содержащие верные суждения о топливных элементах:

- а) элементы питания работают непрерывно, пока есть топливо;
- б) они более эффективны и не загрязняют окружающую среду;
- в) они используются для обеспечения энергией и питьевой водой космонавтов в космической программе;
- г) все эти случаи.

268. При разрядке свинцовой аккумуляторной батареи:

- а) образуется SO_2 ,
- б) расходуется сульфат свинца,
- в) образуется свинец,
- г) расходуется серная кислота.

269. Для реакции в элементе, включающей двухэлектронный обмен, стандартная ЭДС элемента равна 0,295 В при 25 °С. Константа равновесия реакции при 25 °С будет равна:

- а) $1 \cdot 10^{10}$;
- б) $1 \cdot 10^{-10}$;
- в) $29,5 \cdot 10^{-2}$;
- г) $2 \cdot 10^{10}$.

270. Значение E ячейки для $\text{Ag(тв.)}|\text{AgI (осад.)}||\text{Ag}^+ (0,10 \text{ M})|\text{Ag(тв.)}$ равно $+0,413 \text{ В}$. Укажите, каково значение $K(\text{ПР})$ для AgI :

- а) $1,0 \cdot 10^{-8}$;
- б) $1,0 \cdot 10^{-7}$;
- в) $1,0 \cdot 10^{-14}$;
- г) $1,0 \cdot 10^{-16}$.

271. На основе предположения о том, что водород ведет себя как идеальный газ, определите, какова ЭДС элемента при 25°C , если $P_1 = 600 \text{ мм}$ и $P_2 = 420 \text{ мм}$: $\text{Pt}|\text{H}_2 (P_1)|\text{HCl}|\text{H}_2 (P_2)|\text{Pt}$ (дополнительно: $2,303RT/F = 0,06$, логарифм $7 = 0,85$):

- а) $-0,0045 \text{ В}$;
- б) $-0,0 \text{ В}$;
- в) $+0,0045 \text{ В}$;
- г) $+0,0015 \text{ В}$.

272. Для электрохимического элемента $\text{M}|\text{M}^+||\text{X}^-|\text{X}$, $E^\circ_{\text{M}^+|\text{M}} = 0,44 \text{ В}$ и $E^\circ_{\text{X}^-|\text{X}} = 0,33 \text{ В}$. Из этих данных можно сделать вывод о том, что:

- а) $\text{M} + \text{X} \rightarrow \text{M}^+ + \text{X}^-$, будет самопроизвольная реакция;
- б) $\text{M}^+ + \text{X}^- \rightarrow \text{M} + \text{X}$, будет самопроизвольная реакция;
- в) E ячейки = $0,77 \text{ В}$;
- г) E ячейки = $-0,77 \text{ В}$.

273. ЭДС элемента: $\text{Zn}|\text{Zn}^{2+} (0,01 \text{ M})||\text{Fe}^{2+} (0,001 \text{ M})|\text{Fe}$ при 298 К составляет $0,2905 \text{ В}$, тогда значение константы равновесия для реакции в элементе равно:

- а) $e^{\frac{0,32}{0,0295}}$;
- б) $10^{\frac{0,32}{0,0295}}$;
- в) $10^{\frac{0,026}{0,0295}}$;
- г) $10^{\frac{0,32}{0,0591}}$.

274. Для реакции в электрохимической ячейке $4\text{Br}^- + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, $E^\circ = 0,18 \text{ В}$. Значение $(\log K_c)$ при 298 К равно [$2,303RT/F = 0,06$]:

- а) 12,
- б) 6,
- в) 18,
- г) 3.

275. Стандартная ЭДС для реакции в электрохимической ячейке: $\text{Zn(тв.)} + \text{Cu}^{2+}(\text{водн.}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{водн.}) + \text{Cu(тв.)}$ составляет $1,10 \text{ В}$ при 25°C . ЭДС реакции при использовании $0,1 \text{ М}$ растворов Cu^{2+} и $0,1 \text{ М}$ раствора Zn^{2+} при температуре 25°C составляет:

- а) $1,10 \text{ В}$;
- б) $1,041 \text{ В}$;
- в) $-1,10 \text{ В}$;
- г) $-1,041 \text{ В}$.

276. Для ячейки $\text{Ni}|\text{Ni}^{2+}||\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}$ $E^\circ = 0,77$ В. Укажите, при каком из следующих процессов $E_{\text{ячейки}}$ увеличится:

- а) уменьшении $[\text{Ni}^{2+}]$,
- б) уменьшении $[\text{Cu}^{2+}]$,
- в) увеличении массы Ni-электрода,
- г) увеличении массы Cu-электрода.

277. Стандартная ЭДС элемента Даниэля при 298 К равна E_1 В. Если концентрация ZnSO_4 равна 1,0 М, а концентрация CuSO_4 равна 0,01 М, то при 298 К ЭДС становится равной E_2 . Правильное соотношение между E_1 и E_2 будет:

- а) $E_1 = E_2$;
- б) $E_2 = 0$;
- в) $E_1 > E_2$;
- г) $E_1 < E_2$.

278. Для реакции $\text{A(тв.)} + 2\text{B}^+ \rightarrow \text{A}^{2+} + \text{B(тв.)}$ было установлено, что K_c равна 10^{12} . ЭДС гальванического элемента равна:

- а) 0,354 В;
- б) 0,708 В;
- в) 0,534 В;
- г) 0,453 В.

279. Электрохимический элемент составляется следующим образом:



ЭДС этого элемента равна нулю, поскольку ($\text{p}K_{\text{кислоты НА}} = 5$):

- а) молярные концентрации кислот различны,
- б) температура постоянна,
- в) одинаковы рН двух растворов,
- г) катод и анод являются стандартными водородными электродами.

280. В результате реакции $\text{H}_2(\text{г}) + 2\text{AgCl(тв.)} \rightarrow 2\text{H}^+(\text{водн.}) + 2\text{Cl}^-(\text{водн.}) + 2\text{Ag(тв.)}$ образуется гальванический элемент:

- а) $\text{Ag}|\text{AgCl(тв.)}|\text{KCl(водн.)}|\text{AgNO}_3(\text{водн.})|\text{Ag}$;
- б) $\text{Pt}|\text{H}_2(\text{г})|\text{НСл(р-р)}|\text{AgNO}_3(\text{водн.})|\text{Ag}$;
- в) $\text{Pt}|\text{H}_2(\text{г})|\text{НСл(р-р)}|\text{AgCl(тв.)}|\text{Ag}$;
- г) $\text{Pt}|\text{H}_2(\text{г})|\text{KCl(водн.)}|\text{AgCl(тв.)}|\text{Ag}$.

281. Стандартные восстановительные потенциалы в кислых условиях составляют 0,77 В и 0,53 В соответственно для пар $\text{Fe}^{3+}|\text{Fe}^{2+}$ и $\text{I}_3^-|\text{I}^-$. Константа равновесия для реакции $2\text{Fe}^{3+} + 3\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_3^-$, если $2,303\text{RT}/F = 0,06$, равна:

- а) $2 \cdot 10^8$;
- б) 10^8 ;
- в) 10^4 ;
- г) 10^{-8}

282. Была построена следующая электрохимическая ячейка: Pt(тв.)|Fe³⁺, Fe²⁺ (a = 1)||Ce⁴⁺, Ce³⁺ (a = 1)|Pt(тв.), E°(Fe³⁺|Fe²⁺) = 0,77 В, E°(Ce⁴⁺|Ce³⁺) = 1,6 В. Если между двумя платиновыми электродами подключен амперметр, то можно предсказать направление протекания тока. Укажите направление и изменение силы тока:

- а) от Ce-электрода к Fe-электроду, уменьшится;
- б) от Ce-электрода к Fe-электроду, увеличится;
- в) от Fe-электрода к Ce-электроду, уменьшится;
- г) от Fe-электрода к Ce-электроду, увеличится.

283. Для реакции H₂(1 бар) + 2AgCl(тв.) ⇌ 2Ag(тв.) + 2H⁺ (0,1 М) + 2Cl⁻ (0,1 М), ΔG° = -48 250 Дж при 25 °С. ЭДС электролизера, в котором протекает данная реакция, составляет:

- а) 0,25 В;
- б) 0,37 В;
- в) 0,13 В;
- г) 0,049 В.

284. Электролизер содержит два водородных электрода. Отрицательный электрод находится в контакте с раствором, содержащим 10⁻⁶ М ионов водорода. ЭДС элемента составляет 0,118 В при 25 °С. Концентрация ионов водорода на положительном электроде составляет:

- а) 10⁻⁶ М,
- б) 10⁻³ М,
- в) 10⁻⁴ М,
- г) 10⁻⁵ М.

285. Стандартные потенциалы OCl⁻/Cl⁻ и Cl⁻/Cl₂ равны 0,94 В и -1,36 В соответственно. Значение E° OCl⁻/Cl₂ будет равно:

- а) 3,24 В;
- б) -0,42 В;
- в) -2,30 В;
- г) 0,52 В.

286. Из приведенных ниже значений E° для полуэлементов можно составить несколько гальванических ячеек:

- (1) D → D²⁺ + 2ē, E° = -1,5 В; (2) В⁺ + ē → В; E° = -0,5 В;
- (3) А³⁻ → А²⁻ + ē, E° = +1,5 В; (4) С²⁺ + ē → С⁺, E° = +0,5 В.

Укажите комбинацию двух полуэлементов, которая даст гальваническую ячейку с наибольшим потенциалом:

- а) 1 и 3,
- б) 1 и 4,
- в) 3 и 4,
- г) 2 и 4.

6.16. Электролиз

287. Укажите, в каком из приведенных ниже утверждений *не проводится* различие между электрохимическим элементом и электролитической ячейкой:

- а) спонтанный или произвольный характер химического процесса;
- б) химические реакции, протекающие на электродах;
- в) положительный или отрицательный характер анода;
- г) измерение ЭДС.

288. Электродом, через который электроны попадают в раствор электролита, является:

- а) катод;
- б) анод;
- в) электрод может быть или анодом, или катодом;
- г) и анод, и катод.

289. Укажите процесс, который происходит при электролизе водного раствора хлорида никеля на никелевом аноде:

- а) $\text{Ni} \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2\bar{e}$;
- б) $\text{Ni}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Ni}$;
- в) $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\bar{e}$;
- г) $2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2$.

290. Если в качестве катода при электролизе водного раствора NaCl используется ртуть, то на катоде выделяются следующие ионы:

- а) H^+ ,
- б) Na^+ ,
- в) OH^- ,
- г) Cl^- .

291. Укажите элемент, для которого электрохимический эквивалент больше:

- а) водород,
- б) серебро,
- в) медь,
- г) цинк.

292. Электролитическая ванна, используемая для золочения медных изделий, содержит:

- а) расплавленное золото,
- б) сульфат меди (водн.),
- в) AuCl_3 (водн.),
- г) $\text{AuCl}_3 + \text{NaCN}$ (водн.).

293. Медь может осаждаться из подкисленного медного купороса и щелочной закиси меди. Если один и тот же ток пропускать в течение определенного времени:

- а) количество меди, осаждающейся из кислого медного купороса, будет выше;
- б) количество меди, осаждающейся из щелочного цианида закиси меди, будет выше;
- в) будет осаждено одинаковое количество меди;
- г) медь не будет осаждаться ни в том, ни в другом случае.

294. В электролизере поток электронов перетекает:

- а) при соединении катода с анодом в растворе,
- б) соединении катода с анодом через внешний источник питания,
- в) соединении катода с анодом через внутренний источник питания,
- г) с анода на катод через внутренний источник питания.

295. Электролизер используется для преобразования:

- а) химической энергии в электрическую энергию,
- б) электрической энергии в химическую энергию,
- в) химической энергии в механическую энергию,
- г) электрической энергии в механическую энергию.

296. Укажите, в каком из перечисленных случаев закон электролиза Фарадея не работает:

- а) повышается температура,
- б) используются инертные электроды,
- в) используется смесь электролитов,
- г) ни в одном из этих случаев.

297. Укажите, какой из металлов (Na, Mg и Al) осаждается больше (по массе) при электролизе их расплавленных солей при одинаковом количестве тока:

- а) Na,
- б) Mg,
- в) Al,
- г) все в одном и том же количестве.

298. При определенном токе выделяется 0,50 г водорода за 2 часа. Определите, сколько граммов меди может быть выделено при прохождении того же тока в течение того же времени в растворе сульфата меди ($M(\text{Cu}) = 63,5$):

- а) 12,7 г;
- б) 15,88 г;
- в) 31,75 г;
- г) 63,5 г.

299. Между никелевыми электродами в 0,50 л 2 М раствора $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ в течение 6 часов пропускают ток силой 3,7 А. Молярность Ni^{2+} в конце электролиза составляет:

- а) 1,172 М;
- б) 0,172 М;
- в) 0,586 М;
- г) 2 М.

300. Выход по току при электроосаждении металлической меди, при котором 9,8 г меди осаждается при токе 3 А в течение 10 000 секунд из водного раствора сульфата меди, составляет около:

- а) 60 %,
- б) 99 %,
- в) 92 %,
- г) 75 %.

301. При пропускании электричества через разбавленный раствор H_2SO_4 массы веществ, выделяющихся на катоде и аноде, находятся в соотношении:

- а) 1 : 8;
- б) 8 : 1;
- в) 1 : 32;
- г) 1 : 16.

302. Электрохимическими эквивалентами двух веществ являются E_1 и E_2 . Ток, который должен пройти для осаждения одинакового количества на катодах за одинаковое время, должен быть в соотношении:

- а) $E_1 : E_2$;
- б) $E_2 : E_1$;
- в) $(E_1 - E_2) : E_2$;
- г) $E_1 : (E_2 - E_1)$.

303. Одинаковое количество электричества пропускается через одномолярный раствор H_2SO_4 и одномолярный раствор HCl . Количество водорода, выделяющегося из H_2SO_4 , по сравнению с количеством водорода, выделяющегося из HCl , составляет:

- а) столько же;
- б) в два раза больше, чем из HCl ;
- в) в два раза меньше, чем из HCl ;
- г) зависит от размера электрода.

304. При электролизе подкисленного раствора AgNO_3 с использованием Pt-электродов происходит следующая анодная реакция:

- а) $2\text{NO}_3^- \rightarrow 2\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\bar{e}$;
- б) $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 + \bar{e}$;
- в) $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\bar{e}$;
- г) $\text{Pt} \rightarrow \text{Pt}^{3+} + 3\bar{e}$.

305. Два платиновых электрода погружали в раствор CuSO_4 и пропускали через раствор электрический ток. Через некоторое время было обнаружено, что цвет CuSO_4 исчез с выделением газа на электроде. Бесцветный раствор содержит:

- а) сульфат платины,
- б) сульфат меди,
- в) гидроксид меди,
- г) серную кислоту.

306. Раствор, содержащий по 1,0 М $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, AgNO_3 , $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, подвергают электролизу с использованием инертных электродов. Значения стандартного электродного потенциала равны: $\text{Ag}^+|\text{Ag} = 0,80 \text{ В}$, $\text{Hg}^{2+}|\text{Hg} = 0,79 \text{ В}$, $\text{Cu}^{2+}|\text{Cu} = 0,34 \text{ В}$, $\text{Mg}^{2+}|\text{Mg} = -2,37 \text{ В}$. С увеличением напряжения последовательность осаждения металлов на катоде будет следующей:

- а) Ag, Hg, Cu, Mg;
- б) Mg, Cu, Hg, Ag;
- в) Ag, Mg, Cu;
- г) Cu, Hg, Ag.

307. Во время электролиза водного раствора соли рН в пространстве вблизи одного из электродов был повышен, а у другого – понижен. Раствор соли представлял собой:

- а) NaCl (очень разбавленный),
- б) ZnCl_2 ,
- в) NaCl (конц.),
- г) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.

308. Два электролизера, один из которых содержит подкисленный хлорид двухвалентного железа, а другой – подкисленный хлорид трехвалентного железа, соединены последовательно. Массовое соотношение железа, осажденного на катодах в двух электролизерах, составит:

- а) 3 : 1;
- б) 2 : 3;
- в) 1 : 1;
- г) 3 : 2.

309. Гальванический элемент изготавливается из цинкового бруска весом 100 г и 1,0 л 1,0 М раствора медного купороса. Определите, как долго будет работать элемент питания, если предполагается, что он обеспечивает постоянный ток в 1,0 А ($A_r(\text{Zn}) = 65,4$):

- а) 53,6 ч;
- б) 26,8 ч;
- в) 81,97 ч;
- г) 40,99 ч.

310. В свинцовой аккумуляторной батарее анодная реакция протекает следующим образом: $\text{Pb}(\text{тв.}) + \text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PbSO}_4(\text{тв.}) + \text{H}_3\text{O}^+ + 2\text{e}^-$. Укажите, сколько граммов Pb будет использовано для доставки 1 А в течение 100 часов ($M(\text{Pb}) = 208$):

- а) 776 г;
- б) 388 г;
- в) 194 г;
- г) 0,1 г.

311. Медный анод элемента, содержащего раствор нитрата серебра, весит 60,0 г. После пропускания тока в течение некоторого времени обнаруживается, что на платиновом катоде осаждается 3,24 г серебра. Укажите, какова конечная масса анода ($A_r(\text{Ag}) = 108$, $A_r(\text{Cu}) = 64$):

- а) 0,96 г;
- б) 60 г;
- в) 59,04 г;
- г) 60,96 г.

312. Количество электроэнергии, необходимое для восстановления 1 моля Fe_2O_3 до Fe, равно:

- а) 1 F;
- б) 0,33 F;
- в) 3 F;
- г) 6 F.

313. Через расплавленный Al_2O_3 , водные растворы CuSO_4 и расплавленный NaCl пропускают три фарадея электрического тока. Количество Al, Cu и Na, осажденных на катодах, будет находиться в мольном соотношении:

- а) 1 : 2 : 3;
- б) 3 : 2 : 1;
- в) 1 : 1,5 : 3;
- г) 6 : 3 : 2.

314. При электролизе раствора ионов HSO_4^- образуется $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$. На основе предположения о том, что выход по току составляет 75 %, определите, какой ток следует использовать для получения 1 моля $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ в час:

- а) 71,5 А;
- б) 35,7 А;
- в) 53,0 А;
- г) 143 А.

315. Число фарадеев, необходимое для образования одного атома Mg из MgCl_2 , равно:

- а) 1;
- б) 2;
- в) 0,5;
- г) 4.

316. В процессе электролиза при прохождении 96 500 кулонов электрического тока при температуре 273 °С и давлении 2 атм выделяется O_2 объемом:

- а) 5,6 л;
- б) 16,8 л;
- в) 22,4 л;
- г) 11,2 л.

317. Электролизер содержит раствор Ag_2SO_4 и платиновые электроды. Ток пропускают до тех пор, пока на аноде не выделится 1,6 г O_2 . Количество серебра, осажденного на катоде, составит:

- а) 108,0 г;
- б) 1,6 г;
- в) 10,8 г;
- г) 21,6 г.

318. Когда через электролит пропускают 12 000 кулонов электрического тока, осаждается 3,0 г металла с атомной массой 96,5 г/моль. Электровалентность катиона металла в электролите равна:

- а) +4,
- б) +3,
- в) +2,
- г) -4.

319. Рассчитайте сколько электронов протечет при пропускании тока в 5 А через раствор в течение 200 с:

- а) $6,022 \cdot 10^{23}$;
- б) $6,24 \cdot 10^{21}$;
- в) $6,024 \cdot 10^{21}$;
- г) $6,022 \cdot 10^{20}$.

320. Ток силой 9,65 А, протекающий в течение 10 мин, осаждает 3,0 г металла. Эквивалентная масса металла равна:

- а) 10;
- б) 30;
- в) 50;
- г) 96,5.

321. Если из элемента Даниэля в течение 96,5 мин подавать ток в 1,0 А, катод увеличится в весе ($M(\text{Cu}) = 63,5$, $M(\text{Zn}) = 65,4$):

- а) на 1,905 г;
- б) 1,962 г;
- в) 3,81 г;
- г) 3,924 г.

322. Ток, необходимый для получения кислорода со скоростью 2,8 мл в секунду при электролизе подкисленной воды, составляет:

- а) 48,25 А/с;
- б) 24,12 А/с;
- в) 96,5 А/с;
- г) 0,0048 А/с.

323. Натриевую амальгаму получают электролизом водного раствора NaCl с использованием 10 г ртути в качестве катода. Укажите, сколько энергии Фарадея требуется для получения 18,7 % по массе Na-амальгамы при выходе вещества по току 50 %:

- а) 0,1 F;
- б) 0,2 F;
- в) 0,05 F;
- г) 0,16 F.

324. Элемент А (атомная масса = 112) и элемент Б (атомная масса = 27) образуют хлориды. Растворы этих хлоридов подвергались отдельному электролизу, и было обнаружено, что при пропускании одинакового количества электричества осаждалось 5,6 г А, в то время как осаждалось только 0,9 г Б. Валентность Б равна 3. Валентность А равна:

- а) 1,
- б) 2,
- в) 3,
- г) 4.

325. Одинаковый ток пропускали последовательно через растворы сульфата цинка и аммония и сульфата никеля, подщелоченные аммиаком. Было установлено, что вес цинка и никеля, осажденных за определенное время, составляет 22,89 г и 20,55 г соответственно. Учитывая, что химический эквивалент цинка равен 32,7 г, укажите химический эквивалент никеля:

- а) 58,71;
- б) 29,36;
- в) 14,39;
- г) 36,42.

6.17. Электропроводность

326. Укажите, какой из приведенных ниже растворов обладает наибольшим сопротивлением:

- а) концентрированный раствор NaCl,
- б) 0,05 Н раствор NaCl,
- в) 2 Н раствор NaCl,
- г) 0,1 Н раствор NaCl.

327. Изменение молярной проводимости электролитического раствора в зависимости от температуры заключается в том, что она:

- а) увеличивается с повышением температуры;
- б) уменьшается с повышением температуры;
- в) сначала увеличивается, затем уменьшается;
- г) температура не влияет.

328. Укажите вещество, которое в чистом виде *не будет* проводить электричество:

- а) расплавленный NaCl,
- б) расплавленный KOH,
- в) сжиженный HCl,
- г) жидкая ртуть.

329. Правильный порядок молярной проводимости при бесконечном разбавлении LiCl, NaCl и KCl равен:

- а) $\text{LiCl} > \text{NaCl} > \text{KCl}$;
- б) $\text{KCl} > \text{NaCl} > \text{LiCl}$;
- в) $\text{NaCl} > \text{KCl} > \text{LiCl}$;
- г) $\text{LiCl} > \text{KCl} > \text{NaCl}$.

330. Молярная проводимость сильного электролита при бесконечном разбавлении:

- а) стремится к конечному значению, которое выше значения при более высокой концентрации;
- б) стремится к конечному значению, которое ниже значения при более высокой концентрации;
- в) стремится к нулю;
- г) стремится к конечному значению, которое равно значению при высокой концентрации.

331. Лучшим проводником электричества является 0,1 М раствор:

- а) борной кислоты,
- б) серной кислоты,
- в) уксусной кислоты,
- г) пропановой кислоты.

332. Было определено, что удельная электропроводность раствора AgCl в воде составляет $1,8 \cdot 10^{-6} \Omega^{-1} \text{ см}^{-1}$ при 298 К. Молярные значения электропроводности Ag^+ и Cl^- при бесконечном разбавлении составляют 67,9 и $82,1 \Omega^{-1} \text{ см}^2 \text{ моль}^{-1}$. Укажите, какова растворимость AgCl в воде:

- а) $1,2 \cdot 10^{-8} \text{ М}$;
- б) $1,44 \cdot 10^{-10} \text{ М}$;
- в) $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ М}$;
- г) $1,44 \cdot 10^{-16} \text{ М}$.

333. Эквивалентные электропроводности при бесконечном разбавлении NH_4Cl , NaOH и NaCl составляют 129,8, 217,4 и $108,9 \Omega^{-1} \text{ см}^2 \text{ моль}^{-1}$ соответственно. Если эквивалентная электропроводность 0,01 Н раствора NH_4OH составляет $9,532 \Omega^{-1} \text{ см}^2 \text{ моль}^{-1}$, то степень диссоциации NH_4OH при этой температуре равна:

- а) 0,04 %;
- б) 2,1 %;
- в) 4,0 %;
- г) 44,7 %.

334. Сопротивление раствора 1 М CH_3COOH составляет 250 Ω , измеренное в ячейке с постоянной ячейки 125 м^{-1} . Молярная электропроводность, выраженная в $\Omega^{-1} \text{м}^2 \text{моль}^{-1}$, равна:

- а) $5,0 \cdot 10^{-4}$;
- б) 500;
- в) $2 \cdot 10^{-3}$;
- г) 200.

335. Укажите, как изменяется электропроводность 20 мл 0,2 М раствора MgSO_4 при постепенном добавлении в него 0,5 М раствора $\text{Ba}(\text{OH})_2$ в избытке:

- а) непрерывно уменьшается;
- б) непрерывно увеличивается;
- в) увеличивается, а затем уменьшается;
- г) уменьшается, а затем увеличивается.

336. Эквивалентная проводимость (в $\Omega^{-1} \text{см}^2 \text{экв}^{-1}$) 1,0 М раствора H_2SO_4 с удельной электропроводностью $2,6 \cdot 10^{-1} \text{см}^{-1}$ составляет:

- а) $1,3 \cdot 10^2$;
- б) $6,5 \cdot 10^1$;
- в) $1,3 \cdot 10^{-1}$;
- г) $2,6 \cdot 10^2$.

337. Было установлено, что молярная электропроводность 0,01 М раствора уксусной кислоты составляет 16,30 $\Omega^{-1} \text{см}^{-1} \text{моль}^{-1}$ при 25 °С. Ионная проводимость ионов водорода и ацетата при бесконечном разбавлении составляет 349,8 и 40,9 $\Omega^{-1} \text{см}^{-1} \text{моль}^{-1}$ соответственно при одинаковой температуре. Укажите, какой процент уксусной кислоты диссоциирует при этой концентрации:

- а) 0,04172 %;
- б) 4,172 %;
- в) 41,72 %;
- г) 0,4172 %.

338. Расстояние между двумя электродами ячейки составляет 2,5 см, а площадь каждого электрода – 5 см^2 . Постоянная ячейки равна:

- а) 0,5 м^{-1} ;
- б) 12,5 см^3 ;
- в) 2,0 см;
- г) 50 м^{-1} .

339. Молярная электропроводность NH_4Cl , OH^- и Cl^- при бесконечном разбавлении составляет 150, 200 и 75 $\Omega^{-1} \text{см}^2 \text{моль}^{-1}$. Если молярная проводимость 0,01 М раствора NH_4OH равна 22 $\Omega^{-1} \text{см}^2 \text{моль}^{-1}$, то степень его диссоциации равна:

- а) 0,146;
- б) 0,063;
- в) 0,080;
- г) 0,293.

340. Рассчитайте и укажите ионное произведение воды при 25 °С (на основе следующих данных: электропроводность воды = $5,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}\Omega \cdot \text{м}^{-1}$, $\lambda^{\circ}_{\text{H}^+} = 0,035 \text{ м}\Omega \text{ м}^2 \text{ моль}^{-1}$, $\lambda^{\circ}_{\text{OH}^-} = 0,020 \text{ м}\Omega \text{ м}^2 \text{ моль}^{-1}$):

- а) $2 \cdot 10^{-14} \text{ М}^2$;
- б) $1 \cdot 10^{-7} \text{ М}^2$;
- в) $1 \cdot 10^{-8} \text{ М}^2$;
- г) $1 \cdot 10^{-14} \text{ М}^2$.

341. Рассчитайте и укажите константу диссоциации уксусной кислоты (данные: ее 0,05 М раствор имеет молярную проводимость $7,814 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1} \text{ м}^2 \text{ моль}^{-1}$ при 25 °С; $\lambda^{\circ} \text{ CH}_3\text{COOH} = 3,907 \cdot 10^{-2} \Omega^{-1} \text{ м}^2 \text{ моль}^{-1}$):

- а) $2 \cdot 10^{-5}$;
- б) $1,8 \cdot 10^{-5}$;
- в) $4 \cdot 10^{-4}$;
- г) 0,02.

342. Смешивают равные объемы растворов 0,015 М CH_3COOH и 0,015 М NaOH . Укажите, какой будет молярная электропроводность смеси, если электропроводность CH_3COONa равна $6,3 \cdot 10^{-4} \text{ См см}^{-1}$ (См-сименс):

- а) $0,84 \text{ См см}^2 \text{ моль}^{-1}$;
- б) $8,4 \text{ См см}^2 \text{ моль}^{-1}$;
- в) $84 \text{ См см}^2 \text{ моль}^{-1}$;
- г) $42 \text{ См см}^2 \text{ моль}^{-1}$.

343. Сопротивление раствора А равно 50 Ом, а сопротивление раствора Б равно 100 Ом, причем оба раствора взяты из одной и той же ячейки для измерения электропроводности. Укажите, каково будет сопротивление смеси при использовании одной и той же ячейки, если смешать равные объемы растворов А и Б (предположим, что при смешивании степень диссоциации А и Б не увеличивается):

- а) 150 Ом;
- б) 75 Ом;
- в) 33,33 Ом;
- г) 66,67 Ом.

344. В ячейке для проверки электропроводности закреплены два платиновых электрода площадью 10 см^2 каждый на расстоянии 1,5 см друг от друга. Ячейка содержала 0,05 Н раствора соли. Если два электрода только наполовину погрузить в раствор, сопротивление которого составляет 50 Ω , эквивалентная проводимость раствора соли в $\Omega^{-1} \text{ см}^2 \text{ экв}^{-1}$ равна:

- а) 120,
- б) 60,
- в) 240,
- г) 3 000.

6.18. Растворение газа в жидкости

345. Низкая концентрация кислорода в крови и тканях людей, живущих на большой высоте, обусловлена:

- а) низкой температурой;
- б) низким атмосферным давлением;
- в) высоким атмосферным давлением;
- г) как низкой температурой, так и высоким давлением.

346. Какое из следующих утверждений верно относительно растворимости газа в воде:

- а) растворимость увеличивается с повышением температуры;
- б) более полярный газ будет менее растворимым;
- в) растворимость увеличивается с повышением давления;
- г) растворимость всегда является эндотермическим процессом.

347. Единственное *неверное* утверждение, касающееся закона Генри для газа, растворяющегося в воде, заключается в следующем:

- а) значение (постоянной Генри) больше для O_2 , чем для H_2 при той же температуре;
- б) значение (постоянной Генри) увеличивается с повышением температуры;
- в) закон Генри не применим для $HCl(g)$;
- г) закон Генри применим, когда растворимость газа очень низкая.

348. Константа Генри для CO_2 в воде равна $1,6 \cdot 10^8$ Па, при температуре 298 К. Количество CO_2 в 500 г газированной воды, упакованной под давлением 3,2 бар при температуре 298 К, равно:

- а) 2,44 г;
- б) 24,4 г;
- в) 0,244 г;
- г) 0,61 г.

349. Для количественного анализа используется H_2S , токсичный газ с запахом тухлого яйца. Если растворимость H_2S в воде при стандартных условиях равна 0,2 М, то константа Генри для H_2S в воде при температуре 273 К равна:

- а) $3,6 \cdot 10^8$ Па;
- б) $5,0 \cdot 10^8$ Па;
- в) $5,0 \cdot 10^5$ Па;
- г) $2,78 \cdot 10^7$ Па.

6.19. Давление паров

350. При увеличении высоты над уровнем моря при постоянной температуре давление паров жидкости:

- а) увеличивается,
- б) уменьшается,
- в) остается неизменным,
- г) зависит от климата.

351. Температуры кипения C_6H_6 , CH_3OH , $C_6H_5NH_2$ и $C_6H_5NO_2$ составляют 353,15 К, 338,15 К, 457,15 К и 485,15 К. Укажите, какое из перечисленных ниже веществ будет иметь наибольшее давление паров при комнатной температуре:

- а) C_6H_6 ,
- б) CH_3OH ,
- в) $C_6H_5NH_2$,
- г) $C_6H_5NO_2$.

352. Что из перечисленного не является характерным свойством полярных жидкостей:

- а) у них высокие температуры кипения;
- б) они обладают высокой теплотой испарения;
- в) они имеют низкую вязкость;
- г) у них низкое давление паров.

353. Давление паров жидкости:

- а) увеличивается с повышением температуры;
- б) уменьшается с повышением температуры;
- в) не зависит от температуры;
- г) увеличивается или уменьшается с повышением температуры, в зависимости от природы жидкости.

354. Давление паров воды при температуре 300 К в закрытом сосуде составляет 0,4 атм. Если объем сосуда увеличить вдвое, давление пара в нем при температуре 300 К составит:

- а) 0,8 атм;
- б) 0,2 атм;
- в) 0,4 атм;
- г) 0,6 атм.

6.20. Раствор жидкости в жидкости

355. Для идеального раствора А и В χ_A – это мольная доля А в равновесной паровой фазе. Укажите, какой из приведенных ниже графиков должен быть линейным:

- а) $P_{\text{общее}}$ от χ_A ;
- б) $P_{\text{общее}}$ от χ_B ;
- в) $\frac{1}{P_{\text{общее}}}$ от χ_A ;
- г) $\frac{1}{P_{\text{общее}}}$ от $\frac{1}{\chi_A}$.

356. При температуре 323 К давление паров (в мм рт. ст.) раствора метанол-этаноловый спирт может быть представлено в виде: $P = 120\chi + 140$, где χ – мольная доля метанола в равновесном жидком растворе. Тогда значение $P^{\circ}_{\text{этанол}}$ равно:

- а) 120 мм,
- б) 140 мм,
- в) 260 мм,
- г) 20 мм.

357. Давление паров чистого бензола при температуре 88 °С составляет 960 мм, а толуола при той же температуре – 380 мм. Укажите, при какой мольной доле бензола смесь будет кипеть при температуре 88 °С:

- а) 0,655;
- б) 0,345;
- в) 0,05;
- г) 0,25.

358. Гептан и октан образуют идеальный раствор. При температуре 373 К давление паров чистых жидкостей составляет 106 кПа и 46 кПа. Укажите, каким будет давление паров смеси, содержащей 30,0 г гептана и 34,2 г октана, в барах: (1 кПа = 0,01 бар):

- а) 76 бар;
- б) 152 бар;
- в) 1,52 бар;
- г) 0,76 бар.

359. Бензол и толуол образуют идеальный раствор. Давление паров бензола и толуола составляет 75 мм и 25 мм соответственно при температуре 20 °С. Если мольные доли бензола и толуола в парах равны 0,75 и 0,25 соответственно, давление паров идеального раствора равно:

- а) 62,5 мм;
- б) 50 мм;
- в) 30 мм;
- г) 40 мм.

360. Давление паров раствора двух жидкостей, А ($P^\circ = 80$ мм, $\chi = 0,4$) и В ($P^\circ = 120$ мм, $\chi = 0,6$), равно 100 мм. Это показывает, что раствор обладает:

- а) отрицательным отклонением от идеального поведения,
- б) положительным отклонением от идеального поведения,
- в) идеальным поведением без отклонения,
- г) положительным отклонением при более низкой концентрации.

361. Система несмешивающихся жидкостей, содержащая анилин и воду, кипит при температуре 98 °С под давлением 760 мм. При этой температуре давление паров воды составляет 700 мм. Укажите, сколько процентов от общего веса дистиллята будет составлять анилин, если анилин перегонять с паром при температуре 98 °С:

- а) 7,89;
- б) 8,57;
- в) 30,7;
- г) 44,3.

362. Азеотропная смесь жидкостей может быть разделена только с помощью:

- а) простой дистилляции,
- б) фракционной дистилляции,
- в) дистилляции при пониженном давлении,
- г) химическими методами.

363. Температура кипения азеотропной смеси воды и этанола ниже, чем у воды и этанола по отдельности. Смесь показывает:

- а) отсутствие отклонения от закона Рауля,
- б) положительное отклонение от закона Рауля,
- в) отрицательное отклонение от закона Рауля,
- г) ненасыщенность раствора.

364. Чистая вода кипит при 373 К, а азотная кислота – при 359 К. Азеотропная смесь воды и азотной кислоты кипит при 393,5 К. При перегонке азеотропной смеси сначала будет перегоняться:

- а) чистая азотная кислота;
- б) сначала будет перегоняться чистая вода;
- в) одна из них будет перегоняться с небольшим количеством другой;
- г) обе они будут перегоняться в том же составе, в каком они находятся в смеси.

6.21. Понижение давления паров

365. Соотношение между понижением давления паров раствора и мольной долей растворенного вещества равно:

- а) относительному понижению давления паров,
- б) давлению паров чистого растворителя,
- в) давлению паров раствора,
- г) молярной массе растворителя.

366. Давление паров разбавленного раствора нелетучего растворенного вещества не зависит:

- а) от температуры раствора,
- б) температуры плавления растворенного вещества,
- в) мольной доли растворенного вещества,
- г) степени диссоциации растворенного вещества.

367. Добавление 4,0 г нелетучего растворенного вещества к 54,0 г воды приводит к снижению давления паров на 1,0 %. Укажите, какова молярная масса нелетучего растворенного вещества:

- а) 132;
- б) 66;
- в) 133,33;
- г) 333.

368. Давление паров чистой воды при этой температуре составляет 25,0 мм рт. ст.
Давление паров воды над 0,5 моляльным раствором сахарозы:

- а) 24,8 мм рт.ст.;
- б) 0,45 мм рт.ст.;
- в) 2,22 мм рт.ст.;
- г) 20,3 мм рт.ст.

369. Давление паров раствора нелетучего вещества:

- а) меньше, чем у растворителя;
- б) равно давлению растворителя;
- в) больше, чем у растворителя;
- г) равно или превышает давление растворителя.

370. Добавление растворенного вещества к данному растворителю в закрытом сосуде:

- а) уменьшает скорость конденсации;
- б) уменьшает скорость испарения;
- в) увеличивает скорость испарения;
- г) уменьшает как скорость испарения, так и скорость конденсации.

371. Масса нелетучего растворенного вещества (молекулярная масса = 40), которое необходимо растворить в 114 г октана для снижения давления его паров до 80 %, составляет:

- а) 8 г,
- б) 12 г,
- в) 4 г,
- г) 10 г.

372. Давление паров воды при комнатной температуре снижается на 5 % при растворении в ней нелетучего вещества. Моляльность раствора составляет:

- а) 2,0;
- б) 1,4;
- в) 2,78;
- г) 2,92.

373. Укажите, сколько граммов глюкозы $C_6H_{12}O_6$ следует растворить в 0,5 кг воды при температуре 25 °С, чтобы снизить давление паров воды на 1,0 %:

- а) 50,5 г;
- б) 50,0 г;
- в) 18,0 г;
- г) 18,2 г.

374. Идеальный раствор получается при растворении n молей нелетучего вещества, не содержащего электролита, в N молях растворителя. Укажите выражение для раствора, если давление паров раствора равно P , а давление паров чистого растворителя равно P° :

а) $\frac{P^\circ - P}{P} = n/N$;

б) $\frac{P^\circ - P}{P^\circ} = \frac{n}{N}$;

в) $\frac{P^\circ - P}{P^\circ} = \frac{N}{n}$;

г) $\frac{P^\circ - P}{P} = N/n$.

375. Сухой воздух пропускали последовательно через раствор 5 г растворенного вещества в 80 г воды, а затем через чистую воду. Потеря массы раствора составила 2,5 г, а чистого растворителя – 0,04 г. Укажите, какова молекулярная масса растворенного вещества:

а) 70,3;

б) 71,43;

в) 14,28;

г) 14,06.

376. Идеальный раствор был получен путем смешивания метанола и этилового спирта. Если парциальные давления паров метанола и этилового спирта равны 2,8 и 4,2 кПа соответственно, молярная доля метанола в равновесном паре равна:

а) 0,67;

б) 0,4;

в) 0,6;

г) 0,33.

377. Для идеального раствора, содержащего два жидких компонента А и В, свободная энергия смешивания Гиббса минимальна, когда молярное соотношение жидкостей составляет:

а) 1 : 1;

б) 1 : 2;

в) 1 : 10;

г) 1 : 1 000.

378. Жидкости А и В образуют идеальный раствор. Определенный раствор А и В содержит 25 молярных процентов А, тогда как пары, находящиеся в равновесии с раствором при 298 К, содержат 50 молярных процентов А. Отношение давлений паров чистого А к давлениям паров чистого В при 298 К равно:

а) 1 : 1;

б) 3 : 1;

в) 1 : 3;

г) 2 : 1.

6.22. Осмотическое давление

379. Лучше всего подходит в качестве полупроницаемой мембраны:

- а) ферроцианид меди,
- б) растительная мембрана,
- в) мембрана животного происхождения,
- г) целлофан.

380. Два водных раствора A_1 и A_2 разделены полупроницаемой мембраной. Давление паров в A_1 ниже, чем в A_2 . Тогда:

- а) из A_1 в A_2 будет поступать больше растворителя;
- б) из A_2 в A_1 будет поступать больше растворителя;
- в) растворитель из A_1 в A_2 и наоборот будут поступать с одинаковыми скоростями;
- г) растворитель не будет перемещаться.

381. После удаления твердой скорлупы с яйца, погруженного в разбавленный раствор HCl , можно увидеть полупроницаемую оболочку. Если такое яйцо подержать в насыщенном растворе поваренной соли, размер яйца:

- а) уменьшается;
- б) увеличивается;
- в) остается неизменным;
- г) сначала уменьшается, затем увеличивается.

382. Процесс получения пресной воды из морской известен как:

- а) осмос,
- б) фильтрация,
- в) дистилляция под давлением,
- г) обратный осмос.

383. Кровь изотонична с раствором:

- а) 0,9 %-м (по массе) раствором NaCl ,
- б) 0,9 М раствором NaCl ,
- в) 0,09 М раствором NaCl ,
- г) 9,0 %-м (по массе) раствором NaCl .

384. Установлено, что осмотическое давление раствора, содержащего 4,0 г поливинилхлорида (ПВХ) в литре диоксана (растворитель), составляет 0,006 атм при температуре 300 К. Молекулярная масса полимера ПВХ составляет:

- а) 16 420,
- б) 1 642,
- в) 164 200,
- г) 4 105.

385. Полупроницаемая мембрана отделяет раствор с содержанием глюкозы 0,012 М от раствора с содержанием глюкозы 0,250 М. Укажите, на какой из этих растворов необходимо оказывать давление, чтобы предотвратить утечку воды через мембрану:

- а) на 0,012 М раствор;
- б) на 0,250 М раствор;
- в) одинаковое давление на оба раствора;
- г) давление на 0,012 М раствор должно быть вдвое больше давления на 0,250 М раствор.

386. Какое из следующих утверждений соответствует условиям, обозначенным во фрагменте высказывания *если 0,1 М раствор глюкозы отделить от 0,1 М раствора тростникового сахара полупроницаемой мембраной...*:

- а) вода перетекает из раствора глюкозы в раствор тростникового сахара $C_{12}H_{22}O_{11}$;
- б) тростниковый сахар перетекает через мембрану в раствор глюкозы;
- в) глюкоза $C_6H_{12}O_6$ перетекает через мембрану в раствор тростникового сахара;
- г) через полупроницаемую мембрану не будет происходить перемещения.

387. Пятипроцентный раствор вещества (X) является изотоническим по отношению к 0,855 % раствору сахарозы (молекулярная масса 342). Укажите, какова молекулярная масса растворенного вещества (X):

- а) 200;
- б) 58,482;
- в) 40;
- г) 2 000.

388. Укажите, каким будет осмотическое давление десятимолярного раствора $C_6H_{12}O_6$ глюкозы при температуре 30 °С:

- а) 2,48 атм;
- б) 8,24 атм;
- в) 3,48 атм;
- г) 0,241 атм.

389. Раствор, осмотическое давление которого выше, чем у эталонного раствора, называется:

- а) гипертоническим,
- б) изотоническим,
- в) гипотоническим,
- г) идеальным.

390. Благодаря осмосу объем концентрированного раствора:

- а) медленно уменьшается,
- б) медленно увеличивается,
- в) быстро увеличивается,
- г) быстро уменьшается.

391. Осмотическое давление раствора может быть увеличено путем:

- а) снижения температуры раствора,
- б) разбавления раствора,
- в) увеличения количества молей растворенного вещества,
- г) увеличение количества молей растворителя.

392. Соотношение между осмотическим давлением при 273 К, когда 10 г глюкозы $C_6H_{12}O_6$ (π_1), 10 г мочевины $CO(NH_2)_2$ (π_2) и 10 г сахарозы $C_{12}H_{22}O_{11}$ (π_3) растворяют в 250 мл воды, составляет:

- а) $\pi_1 > \pi_2 > \pi_3$;
- б) $\pi_3 > \pi_1 > \pi_2$;
- в) $\pi_2 > \pi_1 > \pi_3$;
- г) $\pi_2 > \pi_3 > \pi_1$.

393. Осмотическое давление раствора, содержащего 54 г глюкозы $C_6H_{12}O_6$ на литр, составляет 4,56 бар. Какова будет концентрация раствора мочевины $CO(NH_2)_2$, если его осмотическое давление при той же температуре составляет 1,52 бар:

- а) 1,0 М;
- б) 0,5 М;
- в) 0,3 М;
- г) 0,1 М.

6.23. Повышение температуры кипения

394. Укажите, на какой воде пища будет приготовлена быстрее:

- а) соленой,
- б) чистой,
- в) спиртовой,
- г) состав воды не имеет значения.

395. Метод повышения температуры кипения используется для определения молекулярных масс:

- а) нелетучего и растворимого растворенного вещества,
- б) нелетучего и нерастворимого растворенного вещества,
- в) летучего и растворимого растворенного вещества,
- г) летучего и нерастворимого растворенного вещества.

396. Эбуллиоскопическая постоянная жидкого растворителя – это повышение температуры кипения:

- а) одномолярного раствора нелетучего растворенного вещества, не содержащего электролита;
- б) одномолярного раствора летучего, не содержащего электролита вещества;
- в) одномолярного раствора нелетучего, не содержащего электролита вещества;
- г) одномолярного раствора нелетучего, не содержащего электролита вещества.

397. Раствор, содержащий 2,60 г нелетучего вещества неэлектролита в 200,00 г воды, кипит при температуре 100,13 °С при давлении 1 атм. Укажите, какова молярная масса растворенного вещества [$K_{эб}(\text{H}_2\text{O}) = 0,52 \text{ К кг/моль}$]:

- а) 52,0 г/моль;
- б) 152,0 г/моль;
- в) 104,0 г/моль;
- г) 204,0 г/моль.

398. Вода должна кипеть при температуре 90 °С и давлении:

- а) = 1 атм,
- б) > 1 атм,
- в) < 1 атм,
- г) любом из этих значений.

399. Скрытая теплота испарения жидкости с молярной массой 80 г/моль и температурой кипения 127 °С равна 33,49 кДж/моль. Эбуллиоскопическая постоянная $K_{эб}$ жидкости равна:

- а) 3,2 К кг/моль;
- б) 0,04 К кг/моль;
- в) 0,32 К кг/моль;
- г) 0,52 К кг/моль.

400. Укажите, какой из приведенных ниже водных растворов будет иметь самую высокую температуру кипения:

- а) 34,2 % (по массе) сахара $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$;
- б) 18 % (по массе) глюкозы $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$;
- в) 6,00 % (по массе) мочевины $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$;
- г) все предыдущие будут иметь одинаковую температуру кипения.

401. Моляльная константа повышения температуры кипения воды $K_{эб}$ составляет 0,513 °С на 1 кг/моль. Если растворить 0,1 моля сахара $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ в 200 г воды, раствор закипит под давлением 1 атм при:

- а) 100,513 °С;
- б) 102,565 °С;
- в) 100,256 °С;
- г) 101,025 °С.

402. Повышение температуры кипения раствора, содержащего 1,8 г глюкозы $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ в 100 г растворителя, составляет 0,1 °С. Моляльная константа повышения температуры кипения $K_{эб}$ растворителя равна:

- а) $\frac{1 \cdot K_{эб}}{m}$;
- б) $\frac{10 \cdot K_{эб}}{m}$;
- в) $\frac{0,01 \cdot K_{эб}}{m}$;
- г) $\frac{2 \cdot 731 \cdot K_{эб}}{m}$.

403. Водный раствор нелетучего, не содержащего электролитов вещества (молекулярная масса = 150) кипит при температуре 373,26 К. Состав раствора, выраженный в массовых процентах растворенного вещества, составляет ($K_{э6}$ воды = 0,52):

- а) 50 %;
- б) 7,5 %;
- в) 6,98 %;
- г) 75 %.

6.24. Понижение температуры замерзания

404. Охлаждают 10 %-й водный раствор NaCl (при идеальном поведении раствора). Это позволит первоначально некоторому количеству:

- а) NaCl кристаллизоваться,
- б) воде затвердеть,
- в) воде затвердеть вместе с небольшим количеством NaCl,
- г) испариться NaCl.

405. Укажите, какова будет температура замерзания раствора одного моля вещества, растворенного в 500 г воды, если один моль нелетучего, не содержащего электролита вещества, растворенного в 1 000 г воды, понизит температуру замерзания раствора на 1,86 °С:

- а) -0,93 °С;
- б) -1,86 °С;
- в) 3,72 °С;
- г) -3,72 °С.

406. Укажите, какова молекулярная масса неионизирующего твердого вещества, если 10 г этого твердого вещества при растворении в 100 г воды образуют раствор, который замерзает при температуре -1,24 °С ($K_{криоск. (H_2O)} = 1,86$):

- а) 250,
- б) 150,
- в) 120,
- г) 75.

407. Молекулярную массу неизвестного растворенного вещества удобнее определить путем измерения понижения температуры замерзания, чем путем измерения повышения температуры кипения, поскольку:

- а) понижение температуры замерзания является коллигативным свойством, в то время как повышение температуры кипения – нет;
- б) понижение температуры замерзания больше, чем повышение температуры кипения для одного и того же раствора;
- в) понижение температуры замерзания меньше, чем повышение температуры кипения для того же раствора;
- г) понижение температуры замерзания в большей степени зависит от количества растворенного вещества, чем от повышения температуры кипения.

408. При понижении температуры замерзания существует равновесие между:

- а) жидким растворителем и твердым растворителем;
- б) жидким растворенным веществом и твердым растворителем;
- в) жидким растворенным веществом и твердым растворенным веществом,
- г) жидким растворителем и твердым растворенным веществом.

409. Постоянные моляльного содержания для четырех жидкостей A_1 , A_2 , A_3 и A_4 соответственно равны 1,84, 2,20, 3,15 и 3,92. Укажите, в каком растворе температура замерзания будет максимально низкой, если приготовить 0,1 М раствор мочевины $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ во всех растворителях:

- а) A_1 ,
- б) A_2 ,
- в) A_3 ,
- г) A_4 .

410. Укажите, какое из коллигативных свойств раствора является наилучшим методом определения молекулярных масс белков и полимеров:

- а) осмотическое давление,
- б) понижение давления пара,
- в) понижение температуры замерзания,
- г) повышение температуры кипения.

411. В одном килограмме воды растворено 5 г мочевины $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Укажите, до какой температуры раствор можно охладить, прежде чем начнет кристаллизоваться лед ($K_{\text{криоск.}}(\text{H}_2\text{O}) = 1,86$):

- а) $-0,310$ °С;
- б) $-0,240$ °С;
- в) $-0,195$ °С;
- г) $-0,155$ °С.

412. Из приведенных ниже измерений наиболее подходящим для определения молекулярной массы оксигемоглобина, молекулы с многотысячной молекулярной массой, является:

- а) повышение температуры кипения;
- б) понижение температуры замерзания;
- в) осмотическое давление;
- г) любой из трех предыдущих, поскольку все они одинаково приемлемы.

6.25. Аномальные коллигативные свойства

413. Карболовая кислота $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ обычно димеризуется в бензоле C_6H_6 . Если наблюдаемая молекулярная масса этой кислоты в растворе равна 120, то степень ее димеризации равна:

- а) 0,600;
- б) 0,433;
- в) 0,277;
- г) 0,866.

414. Коэффициент Вант-Гоффа для разбавленного раствора $K_3[Fe(CN)_6]$ равен:

- а) 4,0;
- б) 0,25;
- в) 5,0;
- г) 3,0.

415. Молекулярная масса NaCl, определенная путем измерения осмотического давления, составляет:

- а) 58,5;
- б) менее 58,5;
- в) более 58,5;
- г) случайную величину.

416. Предельное значение коэффициента Вант-Гоффа для Na_2SO_4 равно:

- а) 2,
- б) 3,
- в) 4,
- г) 5.

417. Отношение повышения температуры кипения раствора NaCl к повышению температуры кипения раствора глюкозы $C_6H_{12}O_6$ такой же моляльности составляет примерно:

- а) 1 : 2;
- б) 1 : 1;
- в) 2 : 1;
- г) 58,5 : 180.

418. Масса KCl, необходимая для снижения температуры замерзания 250 г воды на 4 К, составляет ($K_{криоск.} = 1,86$):

- а) 10,01 г;
- б) 40,05 г;
- в) 7,45 г;
- г) 20,03 г.

419. Для каждого из следующих разбавленных растворов коэффициент Вант-Гоффа равен 3, за исключением:

- а) Na_2SO_4 ,
- б) CaF_2 ,
- в) K_3PO_4 ,
- г) $(NH_4)_2CO_3$.

420. Укажите, какой из приведенных ниже водных растворов будет иметь самую низкую температуру замерзания (m – моляльность раствора):

- а) 0,10 m $C_{12}H_{22}O_{11}$;
- б) 0,10 m $NiCl_2$;
- в) 0,10 m $CuSO_4$;
- г) 0,10 m NH_4NO_3 .

421. При одинаковой температуре каждый из следующих растворов имеет одинаковое осмотическое давление, за исключением:

- а) 0,140 М сахарозы $C_{12}H_{22}O_{11}$;
- б) 0,07 М KCl ;
- в) 0,070 М $Ca(NO_2)_2$;
- г) 0,140 М мочевины $CO(NH_2)_2$.

422. Взяты два водных раствора мочевины $CO(NH_2)_2$, поваренной соли и сульфата натрия. Соотношение их температур кипения составляет:

- а) 1 : 1 : 1;
- б) 1 : 2 : 1;
- в) 1 : 2 : 3;
- г) 3 : 2 : 1.

423. Укажите, в какой из следующих пар растворов будет наблюдаться изотоничность при одинаковой температуре:

- а) 0,1 М мочевины $CO(NH_2)_2$ и 0,1 М $NaCl$;
- б) 0,1 М мочевины $CO(NH_2)_2$ и 0,1 М $MgCl_2$;
- в) 0,1 М Na_2SO_4 и 0,1 М $NaCl$;
- г) 0,1 М Na_2SO_4 и 0,1 М $Ca(NO_3)_2$.

424. Водные растворы 0,004 М Na_2SO_4 и 0,01 М глюкозы $C_6H_{12}O_6$ изотоничны. Процент диссоциации Na_2SO_4 составляет:

- а) 25 %,
- б) 60 %,
- в) 75 %,
- г) 40 %.

425. Укажите, какой из приведенных ниже растворов будет иметь минимальное давление паров при одинаковой температуре:

- а) 0,1 М сахара $C_{12}H_{22}O_{11}$;
- б) 0,1 М $NaCl$;
- в) 0,1 М $BaCl_2$;
- г) 0,1 М $Al_2(SO_4)_3$.

426. Максимальное осмотическое давление будет показано при использовании одного из следующих растворов (все они ионизированы на 90 %):

- а) 0,1 М AlCl_3 ;
- б) 0,1 М BaCl_2 ;
- в) 0,1 М NaCl ;
- г) 0,1 М сахара $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$.

427. Если 0,1 молярный водный раствор бромида натрия замерзает при температуре $-0,3348\text{ }^\circ\text{C}$ при одном атмосферном давлении, процент диссоциации соли в растворе составляет ($K_{\text{криоск.}}(\text{H}_2\text{O}) = 1,86$):

- а) 90,
- б) 80,
- в) 60,
- г) 20.

428. Водный раствор, содержащий 0,25 молей нелетучего, но прочного электролита X в 500 г воды, замерзает при температуре $-2,79\text{ }^\circ\text{C}$. Количество ионов, содержащихся в воде на формульную единицу «X», равно ($K_{\text{криоск.}}(\text{H}_2\text{O}) = 1,86$):

- а) 1,
- б) 2,
- в) 3,
- г) 4.

429. Водный раствор (0,85 %) NaNO_3 диссоциирует на 90 % при температуре $27\text{ }^\circ\text{C}$. Осмотическое давление раствора составляет:

- а) 2,463 атм;
- б) 4,68 атм;
- в) 24,63 атм;
- г) 46,8 атм.

430. Наиболее предпочтительный коэффициент Вант-Гоффа (i) для раствора $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ равен 2,7. Степень диссоциации соли составляет:

- а) 0,92;
- б) 0,87;
- в) 1,0;
- г) 0,75.

431. Повышение температуры кипения при добавлении 13,44 г свежеприготовленного CuCl_2 к одному кг воды составляет ($K_{\text{эб.}}(\text{H}_2\text{O}) = 0,52\text{ К кг/моль}$):

- а) 0,05;
- б) 0,1;
- в) 0,16;
- г) 0,21.

432. При растворении 20 г нафтоловой кислоты ($C_{11}H_8O_2$) в 50 г бензола ($K_{\text{криоск.}} = 1,72 \text{ К кг/моль}$) наблюдается понижение температуры замерзания на 2 К. Коэффициент Вант-Гоффа (i) составляет:

- а) 0,5;
- б) 1;
- в) 2;
- г) 3.

433. Степень диссоциации (α) слабого электролита, $AxBy$, связана с коэффициентом Вант-Гоффа (i) с помощью выражения:

а) $\alpha = \frac{i - 1}{x + y - 1}$;

б) $\alpha = \frac{i - 1}{x + y + 1}$;

в) $\alpha = \frac{x + y - 1}{i - 1}$;

г) $\alpha = \frac{x + y + 1}{i - 1}$.

6.26. Химическая кинетика. Скорость реакции, закон скорости, порядок и молекулярность реакции

434. Азотметан, CH_3NNCH_3 , разлагается в соответствии со следующим уравнением: $CH_3-N=N-CH_3(g) \rightarrow C_2H_6(g) + N_2(g)$. Начальная концентрация азотметана составляла $1,50 \cdot 10^{-2} \text{ М}$. Через 10 мин концентрация снизилась до $1,29 \cdot 10^{-2} \text{ М}$. Средняя скорость реакции за этот промежуток времени составляет:

- а) $3,5 \cdot 10^{-6} \text{ М/с}$;
- б) $2,1 \cdot 10^{-4} \text{ М/с}$;
- в) $3,5 \cdot 10^{-6} \text{ М/с}$;
- г) $2,1 \cdot 10^{-3} \text{ М/мин}$.

435. Для реакции $2HI(g) \rightarrow H_2(g) + I_2(g)$ выражение $(-\frac{1}{2} \frac{d[HI]}{dt})$ представляет:

- а) скорость образования HI ,
- б) скорость исчезновения HI ,
- в) мгновенную скорость реакции,
- г) средняя скорость реакции.

436. Для реакции $4A + B \rightarrow 2B + 2Г$ единственным *неверным* утверждением является следующее:

- а) скорость уменьшения В составляет одну четвертую от скорости уменьшения А,
- б) скорость образования В в два раза меньше скорости уменьшения Б,
- в) скорость образования Г в два раза меньше скорости уменьшения А,
- г) скорости образования В и Г равны.

437. Для реакции $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{г}) \rightarrow 4\text{NO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$ концентрация NO_2 увеличивается на $2,4 \cdot 10^{-2}$ моль/л за 6 с. Укажите, какова будет средняя скорость образования NO_2 и средняя скорость уменьшения N_2O_5 :

- а) $2 \cdot 10^{-3}$ М/с, $4 \cdot 10^{-3}$ М/с;
- б) $2 \cdot 10^{-3}$ М/с, $1 \cdot 10^{-3}$ М/с;
- в) $2 \cdot 10$ М/с, $2 \cdot 10^{-3}$ М/с;
- г) $4 \cdot 10^{-3}$ М/с, $2 \cdot 10^{-3}$ М/с.

438. Укажите, что из перечисленного *неверно* в отношении скорости реакции:

- а) скорость реакции не может быть отрицательной;
- б) скорость реакции – это изменение концентрации реагента в единицу времени на единицу стехиометрического коэффициента этого компонента;
- в) средняя скорость и мгновенная скорость всегда различны;
- г) скорость может зависеть от площади поверхности реагентов.

439. Для реакции $2\text{NH}_3(\text{г}) \rightarrow \text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г})$ наблюдается, что $-\frac{d[\text{NH}_3]}{dt} = k_1[\text{NH}_3]$, $+(d[\text{N}_2])/dt = k_2[\text{NH}_3]$ и $+(d[\text{H}_2])/dt = k_3[\text{NH}_3]$.

Правильное соотношение между k_1 , k_2 и k_3 равно:

- а) $k_1 = k_2 = k_3$;
- б) $2k_1 = 3k_2 = 6k_3$;
- в) $3k_1 = 6k_2 = 2k_3$;
- г) $6k_1 = 3k_2 = 2k_3$.

440. Константа скорости реакции зависит:

- а) от концентрации,
- б) давления,
- в) температуры,
- г) всех ранее перечисленных величин.

441. Иногда скорость реакции можно оценить, зная:

- а) атмосферное давление;
- б) количество изменений связей;
- в) количество аппаратов, использованных в эксперименте;
- г) общее ионное уравнение.

442. Выражение скорости реакции $\text{A}(\text{г}) + \text{B}(\text{г}) \rightarrow \text{C}(\text{г})$ – это $v = kC_A^2C_B^{1/2}$. Укажите, какие изменения в начальной концентрации А и В приведут к увеличению скорости реакции в восемь раз:

- а) $C_A \cdot 2$, $C_B \cdot 2$;
- б) $C_A \cdot 2$, $C_B \cdot 4$;
- в) $C_A \cdot 1$, $C_B \cdot 4$;
- г) $C_A \cdot 4$, $C_B \cdot 1$.

443. Константа скорости реакции второго порядка составляет 10^{-2} л/моль · с. Константа скорости, выраженная в мл/моль · мин, равна ($N_A = 6 \cdot 10^{23}$):

- а) 0,01;
- б) $1,0 \cdot 10^{-21}$;
- в) $1,0 \cdot 10^{21}$;
- г) $3,6 \cdot 1020$.

444. Скорость реакции $A + 2B \rightarrow P$ равна $2 \cdot 10^{-2}$ М/мин, когда концентрации каждого из компонентов А и В равны 1,0 М. Если скорость реакции $v = k[A]^2[B]$, то скорость реакции, когда вступит в реакцию половина В, должна составлять:

- а) $5,625 \cdot 10^{-3}$ моль/л · мин;
- б) $3,75 \cdot 10^{-3}$ моль /л · мин;
- в) 9,375 моль /л · мин;
- г) $2,5 \cdot 10^{-3}$ моль /л · мин.

445. Для реакции: $A_2(\text{г}) \rightarrow B(\text{г}) + \frac{1}{2}C(\text{г})$ давление в системе увеличивается со 100 до 120 мм за 5 мин. Средняя скорость уменьшения A_2 (в мм/мин) за этот промежуток времени составляет:

- а) 4,
- б) 8,
- в) 2,
- г) 16.

446. Условием, при котором средняя скорость реакции может быть равна мгновенной скорости реакции, является:

- а) $\Delta p = 0$;
- б) $\Delta t \rightarrow 0$;
- в) реакция элементарная;
- г) реакция сложная.

447. Константа скорости реакции $N_2O_5 \rightarrow 4NO_2 + O_2$ составляет $3,0 \cdot 10^{-5}$ 1/с. Если скорость реакции составляет $2,4 \cdot 10^{-5}$ моль/л · с, то концентрация N_2O_5 (в моль/л) равна:

- а) 1,4;
- б) 1,2;
- в) 0,04;
- г) 0,8.

448. Рассмотрите уравнение химической реакции: $N_2(\text{г}) + 3H_2(\text{г}) \rightarrow 2NH_3(\text{г})$. Скорость этой реакции может быть выражена через производную по времени от концентрации $N_2(\text{г})$, $H_2(\text{г})$ или $NH_3(\text{г})$. Определите правильное соотношение между выражениями скорости:

- а) скорость = $-d[N_2]/dt = -\frac{1}{3} d[H_2]/dt = +\frac{1}{2} d[NH_3]/dt$;
- б) скорость = $-d[N_2]/dt = -3 d[H_2]/dt = +2 d[NH_3]/dt$;
- в) скорость = $-d[N_2]/dt = \frac{1}{3} d[H_2]/dt = +\frac{1}{2} d[NH_3]/dt$;
- г) скорость = $-d[N_2]/dt = -d[H_2]/dt = + d[NH_3]/dt$.

449. Для реакции $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ при определенных условиях температуры и парциального давления реагентов скорость образования NH_3 составляет 10^{-3} кг/ч. Норма расхода H_2 при тех же условиях составляет:

- а) $1,5 \cdot 10^{-3}$ кг/ч;
- б) $1,76 \cdot 10^{-4}$ кг/ч;
- в) $6,67 \cdot 10^{-4}$ кг/ч;
- г) $3 \cdot 10^{-3}$ кг/ч.

450. Реакция $2FeCl_3 + SnCl_2 \rightarrow 2FeCl_2 + SnCl_4$ имеет:

- а) нулевой порядок,
- б) первый порядок,
- в) второй порядок,
- г) третий порядок.

451. Укажите, какое из следующих утверждений *неверно* относительно понятия молекулярности реакции:

- а) может быть 1, 2 или 3;
- б) может быть либо целым числом, либо дробным;
- в) это количество молекул реагентов, участвующих в одностадийной химической реакции;
- г) зависит от скорости, определяющей стадии реакции в суммарной реакции.

452. Укажите *неверное* утверждение:

- а) закон скорости – это экспериментальный факт, тогда как закон действия масс – теоретическое предположение;
- б) закон скорости всегда отличается от выражения закона действия масс;
- в) закон скорости более информативен для разработки механизма, чем закон действия масс;
- г) порядок реакции равен сумме степеней слагаемых концентрации в законе скорости.

453. Константа скорости численно одинакова для реакций первого, второго и третьего порядков. Определите, какая из них справедлива для скорости трех реакций, если концентрация реагента меньше 1 М:

- а) $k_1 = k_2 = k_3$;
- б) $k_1 > k_2 > k_3$;
- в) $k_1 < k_2 < k_3$;
- г) нет верного ответа.

454. Для элементарной реакции $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$ объем сосуда увеличивается в три раза. Скорость становится больше:

- а) в 3 раза,
- б) в 27 раз,
- в) в $1/27$ раза,
- г) равна начальному значению.

455. Реакция нулевого порядка – это реакция, в которой:

- а) реагенты не вступают в реакцию;
- б) один из реагентов находится в большом избытке;
- в) скорость реакции не меняется со временем;
- г) скорость реакции увеличивается со временем.

456. Укажите, какое из приведенных ниже утверждений *неверно*:

- а) стехиометрия реакции говорит о порядке элементарных реакций,
- б) для реакции нулевого порядка скорость и константа скорости идентичны,
- в) реакция нулевого порядка контролируется факторами, отличными от концентрации реагентов,
- г) реакция нулевого порядка всегда является элементарной реакцией.

457. Если скорость газовой реакции не зависит от парциального давления реагента, то порядок реакции будет:

- а) 0,
- б) 2,
- в) 1,
- г) 3.

458. При увеличении концентрации реагента в реакции $A \rightarrow B$ в 8 раз скорость реакции увеличивается только в 2 раза. Порядок реакции будет:

- а) 3,
- б) $\frac{1}{3}$,
- в) 2,
- г) $\frac{1}{2}$.

459. Было установлено, что константа скорости (k) для $2A + B \rightarrow$ Продукты реакции составляет $2,58 \cdot 10^{-5}$ л/моль \cdot с через 15 с, $2,59 \cdot 10^{-5}$ л/моль \cdot с – через 30 с и $2,57 \cdot 10^{-5}$ л/моль \cdot с – через 50 с. Порядок реакции равен:

- а) 0,
- б) 1,
- в) 2,
- г) 3.

460. Укажите, какое из приведенных ниже утверждений *неверно*:

- а) порядок реакции определяется суммой степеней всех слагаемых концентрации в уравнении скорости;
- б) порядок реакции по отношению к одному реагенту – это отношение изменения логарифма скорости реакции к изменению логарифма концентрации конкретного реагента при сохранении концентраций всех остальных реагентов постоянными;
- в) порядок реакций может быть целым или дробным;
- г) порядок реакции может быть определен только из стехиометрического уравнения реакции.

461. Для химической реакции: $X \rightarrow Y$ скорость реакции увеличивается в 1,84 раза при увеличении концентрации X в 1,5 раза. Порядок реакции по отношению к X равен:

- а) 1;
- б) 1,5;
- в) 2;
- г) -1.

462. Порядок реакции равен нулю. Это определено будет реакция:

- а) экзотермическая,
- б) эндотермическая,
- в) элементарная,
- г) сложная.

463. Укажите, какое из приведенных ниже утверждений о порядке протекания реакции *неверно*:

- а) порядок можно определить экспериментально;
- б) порядок реакции равен сумме степеней слагаемых концентрации в законе дифференциальной скорости;
- в) на это не влияет стехиометрический коэффициент реагентов;
- г) порядок не может быть дробным.

464. Выберите скорость реакции, соответствующую показанным в таблице данным для реакции $A + B \rightarrow C$:

Номер эксперимента	$[A_0]$ (M)	$[B_0]$ (M)	Начальная скорость (M/s)
1	0,12	0,35	1
2	0,24	0,70	8
3	0,24	0,35	1
4	0,12	0,70	8

- а) скорость = $k[B]^3$;
- б) скорость = $k[B]^4$;
- в) скорость = $k[A][B]^3$;
- г) скорость = $k[A]^2[B]^3$.

465. Закон скорости реакции между веществами A и B определяется как скорость = $k[A]^n[B]^m$. При удвоении концентрации A и уменьшении вдвое концентрации B отношение новой скорости реакции к предыдущей скорости реакции будет равно:

- а) $\frac{1}{2}^{n+m}$;
- б) $(m+n)$;
- в) $(n-m)$;
- г) $2^{(n-m)}$.

466. Для реакции $2A + B + 3G \rightarrow Ж + 3E$ получены следующие данные:

Реакция	Концентрация в моль/л			Начальная скорость образования Ж (торр/с)
	А	В	Г	
1	0,01	0,01	0,01	$2,5 \cdot 10^{-4}$
2	0,02	0,01	0,01	$1,0 \cdot 10^{-3}$
3	0,01	0,02	0,01	$2,5 \cdot 10^{-4}$
4	0,01	0,02	0,02	$5 \cdot 10^{-4}$

Порядок А, В и Г будет равен:

- а) 0, 1, 2;
- б) 2, 0, 1;
- в) 1, 0, 2;
- г) 2, 1, 1.

467. Для реакций первого, второго и третьего порядков $k_1 = k_2 = k_3$, где концентрации выражены в «М», правильное соотношение в k_1 , k_2 и k_3 , если концентрации выражены в моль/мл, равно:

- а) $k_1 = k_2 = k_3$;
- б) $k_1 \cdot 10^{-3} = k_2 = k_3 \cdot 10^3$;
- в) $k_1 = k_2 \cdot 10^{-3} = k_3 \cdot 10^{-6}$;
- г) $k_1 \cdot 10^3 = k_2 \cdot 10^{-3} = k_3$.

468. Скорость реакции $3A + 2B \rightarrow$ Продукты определяется выражением скорости: скорость = $k[A] \cdot [B]^2$. Если А берется в большом избытке, реакция начинает протекать в соответствии с кинетикой:

- а) третьего порядка,
- б) второго порядка,
- в) первого порядка,
- г) нулевого порядка.

469. Гидролиз сложного эфира проводили отдельно с 0,05 М HCl и 0,05 М H₂SO₄. Что из приведенного ниже справедливо для константы скорости реакции первого порядка:

- а) $k_{HCl} > k_{H_2SO_4}$;
- б) $k_{HCl} < k_{H_2SO_4}$;
- в) $k_{HCl} = k_{H_2SO_4}$;
- г) $k_{H_2SO_4} = (k_{HCl})^2$.

470. Скорость гидролиза метилформиата в кислом растворе выражается следующим образом: скорость = $k \cdot [\text{НСООСН}_3] \cdot [\text{H}^+]$. Сбалансированным уравнением является $\text{НСООСН}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{НСООН} + \text{СН}_3\text{ОН}$. Уравнение скорости содержит $[\text{H}^+]$, хотя сбалансированное уравнение не содержит H^+ по следующей причине:

- а) для удобства выражения скорости реакции,
- б) ион H^+ является катализатором реакции,
- в) ион H^+ является важным компонентом любой реакции,
- г) все кислоты содержат ионы H^+ .

471. В реакции кислотного гидролиза $\text{A} + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Продукты}$, где $[\text{H}^+] = 0,1 \text{ M}$ и H_2O присутствует в большом избытке, кажущаяся константа скорости составляет $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ 1/с}$. Скорость = $k[\text{A}][\text{H}_2\text{O}] \cdot [\text{H}^+] = k[\text{A}]$ прибл.

Истинная константа скорости (константа скорости третьего порядка) реакции равна:

- а) $2,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/M}\cdot\text{с}$;
- б) $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ 1/M}^2\cdot\text{с}$;
- в) $2,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/M}^2\cdot\text{с}$;
- г) $2,7 \cdot 10^{-6} \text{ M}^2/\text{с}$.

6.27. Механизм реакций

472. Сложная реакция $2\text{X} + \text{Y} \rightarrow \text{Z}$ протекает в два этапа:

1) $\text{X} + \text{Y} \rightarrow 2 \text{W}(k_1)$, 2) $\text{X} + 2\text{W} \rightarrow \text{Z}(k_2)$.

Если $k_1 \ll k_2$, то порядок реакции будет следующим:

- а) 1,
- б) 2,
- в) 3,
- г) 0.

473. Для реакции $\text{A} \xrightarrow{k_1} \text{B} \xrightarrow{k_2} \text{C} \xrightarrow{k_3} \text{D}$, где $k_1 < k_2 < k_3$, скорость образования D определяется скоростью реакции:

- а) $\text{A} \rightarrow \text{B}$;
- б) $\text{B} \rightarrow \text{C}$;
- в) $\text{C} \rightarrow \text{D}$;
- г) $\text{A} \rightarrow \text{B}$ с постоянной скоростью $k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$.

474. Гипотетическая реакция $\text{A} \rightarrow \text{B}$ протекает в соответствии с $\text{A} \rightleftharpoons \text{C} \xrightarrow{k_1} \text{B}$ (k_1 (быстрая), $\text{A} + \text{C} \rightarrow \text{B} \xrightarrow{k_2}$ (медленная)).

Скорость реакции равна (K_1 – константа равновесия):

- а) $K_2 \cdot [\text{B}] \cdot [\text{C}]$;
- б) $K_1 \cdot K_2 \cdot [\text{A}]$;
- в) $K_1 \cdot K_2 \cdot [\text{A}]^2$;
- г) $K_1 \cdot [\text{B}] \cdot [\text{C}]$.

475. Общая скорость $+\frac{d[P]}{dt}$ для реакции $2A + C \rightarrow P$ (1) зависит от константы равновесия K_p , от механизмов реакций $2A \rightleftharpoons B$ (2) и $B + C \rightarrow P$ (3). Константа прямой реакции (1) K_n определяется как:

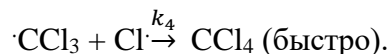
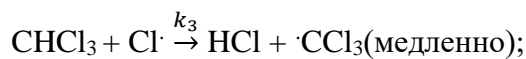
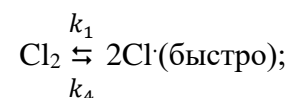
$$\text{а) } +\frac{d[P]}{dt} = K \cdot K_n \cdot [A]^2 [C];$$

$$\text{б) } +\frac{d[P]}{dt} = K \cdot [A] \cdot [B];$$

$$\text{в) } +\frac{d[P]}{dt} = K_n \cdot [B] \cdot [C];$$

$$\text{г) } +\frac{d[P]}{dt} = K \cdot K_n \cdot [A]^2 [C] \cdot [B].$$

476. Предполагаемый механизм реакции $\text{CHCl}_3(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CCl}_4(\text{г}) + \text{HCl}(\text{г})$:



Экспериментальный закон скорости, согласующийся с механизмом, таков:

$$\text{а) скорость} = K_3 \cdot [\text{CHCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2];$$

$$\text{б) скорость} = K_4 \cdot [\cdot\text{CCl}_3] \cdot [\text{Cl}];$$

$$\text{в) скорость} = K_{\text{экр}} \cdot [\text{CHCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2];$$

$$\text{г) скорость} = K_3 K_{\text{экр}}^{1/2} \cdot [\text{CHCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]^{1/2}.$$

6.28. Интегральная форма закона скорости

477. Для реакции нулевого порядка:

а) скорость реакции удваивается при удвоении начальной концентрации;

б) время, затрачиваемое на половинное изменение, равно половине времени, необходимого для завершения реакции;

в) время, необходимое для изменения наполовину, не зависит от начальной концентрации;

г) время, необходимое для завершения реакции, не зависит от начальной концентрации.

478. Время, необходимое для завершения реакции нулевого порядка на 75 %, составляет 10 часов. Укажите, через какое время реакция завершится на 90 %:

а) 12,0 ч;

б) 16,6 ч;

в) 10,0 ч;

г) 20,0 ч.

479. Реакция нулевого порядка $A \rightarrow B$. В конце первого часа реакция A составляет 75 %. Укажите, сколько вещества A останется непрореагировавшим по истечении 2 часов:

- а) 12,5 %;
- б) 6,25 %;
- в) 3,12 %;
- г) 0 %.

480. Укажите выражение, соответствующее $\frac{3}{4}$ продолжительности реакции первого порядка:

- а) $\frac{k}{2,303 \cdot \log \frac{4}{3}}$;
- б) $\frac{2,303}{k \cdot \log \frac{4}{3}}$;
- в) $\frac{2,303}{k \cdot \log 4}$;
- г) $\frac{2,303}{k \cdot \log 3}$.

481. За разложением H_2O_2 может последовать титрование $KMnO_4$, установлено, что это реакция первого порядка. Постоянная скорость составляет $4,5 \cdot 10^{-2}$. В эксперименте начальное значение титра составляло 25 мл. Титр составит 5 мл через:

- а) $4,5 \cdot 10^{-2} \cdot 5$ мин;
- б) $\ln 5 / 4,5 \cdot 10^{-2}$ мин;
- в) $(\ln 5 / 4) / 4,5 \cdot 10^{-2}$ мин;
- г) $4,5 \cdot 1,25$ мин.

482. Для реакции первого порядка $t_{99\%} = x \cdot t_{90\%}$. Значение x будет равно:

- а) 10,
- б) 6,
- в) 3,
- г) 2.

483. Период полураспада реакции первого порядка составляет 10 минут. Укажите, за какое время скорость реакции снизится с $6,0 \cdot 10^{21}$ молекул/мл·с до $4,5 \cdot 10^{25}$ молекул/л·мин ($N_A = 6,0 \cdot 10^{23}$):

- а) 10 мин,
- б) 20 мин,
- в) 30 мин,
- г) 40 мин.

484. Для реакции второго порядка $2A \rightarrow B$ измерили время, необходимое для того, чтобы значение $[A]$ уменьшилось на одну четвертую. Укажите, во сколько раз больше времени необходимо для того, чтобы значение $[A]$ уменьшилось на половину от его первоначального значения:

- а) в два,
- б) в три,
- в) в четыре,
- г) в семь.

485. Для определенной реакции с участием одного реагента установлено, что $C_0 \sqrt{T}$ является постоянной величиной, где C_0 – начальная концентрация реагента, а T – период полураспада. Укажите, каков порядок проведенной реакции:

- а) 1;
- б) 1,5;
- в) 2;
- г) 3.

486. Для некоторой реакции порядка n время половинного изменения $t_{1/2}$ определяется как $t_{1/2} = \{[2 - \sqrt{2}]/k\} \cdot C_0^{1/2}$, где k – константа скорости, а C_0 – начальная концентрация. Значение n равно:

- а) 1;
- б) 2;
- в) 1,5;
- г) 0,5.

487. Реакция $H_3C-CH_2-NO_2 + OH^- \rightarrow H_3C-CH^-NO_2 + H_2O$ подчиняется закону скорости для кинетики псевдопервого порядка в присутствии большого избытка гидроксид-иона. Определите, какова константа скорости псевдопервого порядка, если 1 % нитроэтана вступает в реакцию за полминуты при концентрации реагента 0,002 М:

- а) $2 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$;
- б) $6 \cdot 10^{-3} \text{ мин}^{-1}$;
- в) $4 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$;
- г) 10^{-2} мин^{-1} .

488. Для реакции первого порядка $A(g) \rightarrow 2B(g) + C(g)$, общее давление по истечении времени t от начала реакции с A равно P , а по истечении бесконечного времени – P_∞ . Тогда константа скорости реакции равна:

- а) $\frac{1}{t} \cdot \ln \frac{P}{P_\infty}$;
- б) $\frac{1}{t} \cdot \ln \frac{2P_\infty}{3(P_\infty - P)}$;
- в) $\frac{1}{t} \cdot \ln \frac{2P_\infty}{3P_\infty - P}$;
- г) $\frac{1}{t} \cdot \ln \left(\frac{2P_\infty}{P_\infty} - 3P \right)$.

489. Укажите, какое из приведенных ниже утверждений о реакции первого порядка неверно:

- а) время, необходимое для завершения реакции на 93,75 %, в два раза превышает время, необходимое для завершения реакции на 75 %;
- б) период полураспада равен половине времени завершения реакции;
- в) около 63 % реакций завершается за время, равное $1/K$;
- г) время для 90 %-й реакции будет равно $2,303/K$ независимо от начальной концентрации реагента.

490. По мере увеличения начальной концентрации с 0,75 моль/л до 1,55 моль/л время реакции уменьшается с 60 с до 29 с. Порядок реакции следующий:

- а) нулевой,
- б) первый,
- в) второй,
- г) третий.

491. Укажите, какой из вариантов значений верен относительно реакции первого порядка:

- а) $t_{0,5} = 50$ с, $t_{0,75} = 100$ с;
- б) $t_{0,5} = 50$ с, $t_{0,75} = 75$ с;
- в) $t_{0,5} = 50$ с, $t_{0,75} = 50$ с;
- г) $t_{0,5} = 50$ с, $t_{0,25} = 25$ с.

492. Определите, через какое время количество продукта реакции будет составлять 25 % от исходного количества, если время реакции второго порядка равно 1,0 ч:

- а) 1,5 ч;
- б) 2 ч;
- в) 2,5 ч;
- г) 3 ч.

493. В реакции первого порядка активность реагента падает с 800 моль/дм³ до 50 моль/дм³ за $2 \cdot 10^4$ с. Константа скорости реакции, выраженная в с⁻¹, равна:

- а) $1,386 \cdot 10^{-4}$;
- б) $1,386 \cdot 10^{-3}$;
- в) $1,386 \cdot 10^{-5}$;
- г) $5,0 \cdot 10^3$.

494. Разложение N_2O_5 в соответствии с уравнением $2N_2O_5(г) \rightarrow 4NO_2(г) + O_2(г)$ является реакцией первого порядка. Установлено, что через 30 мин после начала разложения в закрытом сосуде общее давление составляет 300 мм рт.ст., а при полном разложении общее давление составляет 600 мм рт.ст. Константа скорости реакции составляет ($\ln 1,2 = 0,18$):

- а) $6,0 \cdot 10^{-3}$ мин⁻¹;
- б) 0,18 мин⁻¹;
- в) $6,0 \cdot 10^{-2}$ мин⁻¹;
- г) $2,5 \cdot 10^{-3}$ мин⁻¹.

495. Для реакции первого порядка соотношение времени, необходимого для завершения 99,9 % реакции, и времени, необходимого для завершения половины реакции, равно:

- а) 1,
- б) 2,
- в) 4,
- г) 10.

496. Для реакции второго порядка $A + B \rightarrow \text{Продукты}$ константа скорости k задается как $k = \frac{2,303}{(a-b)t} \log \frac{b(a-x)}{a(b-x)}$, где a и b – начальные концентрации, A и B , а x – изменение концентрации по прошествии времени, t . Если $b \gg a$, то реакция сводится:

- а) к первому порядку по отношению к A ,
- б) нулевому порядку по отношению к A ,
- в) первому порядку по отношению к x ,
- г) общему нулевому порядку.

497. Для реакции первого порядка $t_{0,75} = 1386$ с скорость реакции равна:

- а) 10^{-3} с^{-1} ;
- б) 10^{-2} с^{-1} ;
- в) 10^{-4} с^{-1} ;
- г) 10^{-5} с^{-1} .

498. Для завершения 50 % реакции $A \rightarrow \text{Продукты}$ требуется 40 минут. Для завершения следующих 50 % реакции требуется время, равное 80 минутам. Порядок реакции следующий:

- а) 2,
- б) 0,
- в) 3,
- г) 1.

499. Период полураспада составляет 30 минут для реакции первого порядка $\text{H}_2\text{O}_2(\text{p-p}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{г})$. Если объем $\text{O}_2(\text{г})$, собранный через длительное время, составляет 100 мл, то объем $\text{O}_2(\text{г})$, собранный (при том же давлении и температуре) через 60 минут от начала реакции, равен:

- а) 25 мл;
- б) 12,5 мл;
- в) 75 мл;
- г) 50 мл.

500. Разложение пероксида водорода в водном растворе является реакцией первого порядка $\text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + 0,5 \text{O}_2$.

Время, мин	0	10
Объем O_2 (V, мл)	25,0	20,0

Из приведенных в таблице данных следует, что константа скорости (в мин^{-1}) реакции составляет ($\ln 5 = 1,6$, $\ln 2 = 0,7$):

- а) 0,09;
- б) 0,02;
- в) 0,2;
- г) 0,16.

6.29. Параллельные, последовательные и обратимые реакции

501. Для необратимых элементарных реакций $\text{A} \xrightarrow{k_1} \text{R}$ и $\text{A} \xrightarrow{k_2} \text{S}$, протекающих параллельно, скорость исчезновения реагента А равна:

- а) $(k_1 - k_2) \cdot \text{C}_\text{A}$;
- б) $(k_1 + k_2) \cdot \text{C}_\text{A}$;
- в) $\frac{1}{2} (k_1 + k_2) \cdot \text{C}_\text{A}$;
- г) $k_1 \cdot \text{C}_\text{A}$.

502. Для последовательной реакции первого порядка мономолекулярного типа $\text{A} \xrightarrow{k_1} \text{R} \xrightarrow{k_2} \text{S}$, концентрация компонентов R, C_R в любой момент времени t определяется как $\text{C}_\text{R} = \text{C}_{\text{A0}} K_1 \left[\frac{e^{-k_1 t}}{(k_2 - k_1)} + \frac{e^{-k_2 t}}{(k_1 - k_2)} \right]$. Если $\text{C}_\text{A} = \text{C}_{\text{A0}}$, $\text{C}_\text{R} = \text{C}_\text{S} = 0$ при $t = 0$, то время, в течение которого происходит максимальная концентрация R ($t_{\text{макс.}}$) равно:

- а) $t_{\text{макс.}} = \frac{(k_2 - k_1)}{\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right)}$;
- б) $t_{\text{макс.}} = \frac{\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right)}{(k_2 - k_1)}$;
- в) $t_{\text{макс.}} = \frac{\frac{k_2}{e^{k_1}}}{(k_2 - k_1)}$;
- г) $t_{\text{макс.}} = \frac{e^{k_2 - k_1}}{(k_2 - k_1)}$.

503. Рассмотрим следующую последовательную реакцию первого порядка: $\text{A} \xrightarrow{K_1} \text{B} \xrightarrow{K_2} \text{C}$. Укажите, через какое время после начала реакции концентрация В будет максимальной ($\ln 2 = 0,7$), если $K_1 = 0,01 \text{ мин}^{-1}$ и $K_1 : K_2 = 1 : 2$:

- а) 70 мин,
- б) 140 мин,
- в) 35 мин,
- г) 700 мин.

504. Укажите, в каких условиях $[C] = [A_0] \cdot (1 - e^{-k_1 t})$ для последовательных реакций первого порядка $A \xrightarrow{K_1} B \xrightarrow{K_2} C$:

- а) $K_1 < K_2$;
- б) $K_1 \ll K_2$;
- в) $K_2 < K_1$;
- г) $K_2 \ll K_1$.

6.30. Зависимость скорости реакции от температуры и катализатора

505. Энергия активации химической реакции в первую очередь зависит:

- а) от температуры,
- б) природы реагирующих веществ,
- в) частоты столкновений,
- г) концентрации реагентов.

506. Энергия активации реакции равна нулю. Постоянная скорости реакции:

- а) увеличивается с повышением температуры,
- б) уменьшается с повышением температуры,
- в) уменьшается с понижением температуры,
- г) практически не зависит от температуры.

507. Энергия активации реакции может быть снижена за счет:

- а) повышения температуры,
- б) понижения температуры,
- в) добавления катализатора,
- г) удаления одного или нескольких продуктов.

508. При определенной температуре реакция между NO и O₂ с образованием NO₂ протекает быстро, в то время как взаимодействие CO и O₂ происходит медленно. Можно сделать вывод о том, что:

- а) NO более химически активен, чем CO;
- б) CO меньше по размеру, чем NO;
- в) энергия активации реакции $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$ меньше;
- г) энергия активации реакции $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$ выше.

509. Укажите, скорость какой элементарной реакции возрастает с повышением температуры:

- а) термической,
- б) экзотермической,
- в) эндотермической,
- г) всех реакций.

510. В газовых реакциях в верхних слоях атмосферы H_2O и O вступают в бимолекулярную реакцию с образованием двух радикалов OH . ΔH для этой реакции составляет 72 кДж при 500 К, а $E_a = -77$ кДж/моль. E_a для бимолекулярной рекомбинации двух радикалов OH с образованием H_2O и O составляет:

- а) 149 кДж/моль,
- б) 72 кДж/моль,
- в) 5 кДж/моль,
- г) 7 кДж/моль.

511. Постоянная скорости определяется уравнением $K = P \cdot A \cdot e^{E_a/RT}$. Укажите фактор, который должен снижаться, чтобы реакция протекала быстрее:

- а) T ,
- б) A ,
- в) E_a ,
- г) P .

512. Согласно теории столкновений скорость реакции увеличивается с повышением температуры по следующей причине:

- а) увеличения числа столкновений между молекулами реагента;
- б) увеличения скорости реагирующих молекул;
- в) увеличения числа молекул, обладающих достаточной энергией для реакции;
- г) уменьшения энергии активации реакции.

513. Выберите *неверное* утверждение из приведенных ниже:

- а) константу скорости реакции можно изменить, изменив температуру;
- б) константа скорости реакции не зависит от концентрации реагентов;
- в) скорость катализируемой реакции не зависит от концентрации катализатора;
- г) в многостадийных реакциях стадия, определяющая скорость, является самой медленной.

514. При повышении температуры период полураспада реакций:

- а) остается неизменным,
- б) увеличивается,
- в) уменьшается,
- г) увеличивается или уменьшается.

515. Согласно уравнению Аррениуса, прямая линия должна быть получена путем построения логарифма постоянной скорости химической реакции ($\log K$) относительно:

- а) T ,
- б) логарифма T ,
- в) $\frac{1}{T}$,
- г) e^T .

516. Скорость реакции приблизительно удваивается при каждом повышении температуры на 10 °С. Если температуру повысить на 50 °С, скорость реакции увеличится примерно:

- а) в 10 раз,
- б) 16 раз,
- в) 32 раза,
- г) 64 раза.

517. В общем скорость реакции может быть увеличена с помощью всех факторов, за исключением:

- а) повышения температуры,
- б) увеличения концентрации реагентов,
- в) увеличения энергии активации,
- г) использование катализатора.

518. Скорость химических реакций *не зависит*:

- а) от молекулярной структуры,
- б) природы реагентов,
- в) концентрации реагентов,

519. Энергии активации двух реакций равны E_1 и E_2 , где $E_1 > E_2$. Спрогнозируйте, какая из следующих альтернатив правильная, если температуру реагирующей системы повысить с T_1 (константы скорости равны k_1 и k_2) до T_2 (константы скорости равны k_1' и k_2'):

- а) $k_1'/k_1 = k_2'/k_2$;
- б) $k_1'/k_1 > k_2'/k_2$;
- в) $k_1'/k_1 < k_2'/k_2$;
- г) $k_1' < k_2'$.

520. Укажите, какое из следующих утверждений *неверно*:

- а) эффективность твердого катализатора зависит от площади его поверхности;
- б) катализатор работает, обеспечивая альтернативный путь протекания реакции, который предполагает меньшую энергию активации;
- в) катализатор снижает энергию активации в прямом направлении, не влияя на энергию активации в обратном направлении;
- г) катализатор не влияет на общее изменение энтальпии реакции.

521. Теория столкновений в химических реакциях объясняет:

- а) скорость реакций,
- б) порядок реакций,
- в) молекулярность реакций,
- г) все эти факторы.

522. Значения энтальпий реагентов и продуктов равны X и Y Дж/моль соответственно. Если энергия активации обратной реакции равна Z Дж/моль, тогда энергия активации прямой реакции составит (в Дж/моль):

- а) $x - y - z$;
- б) $x - y + z$;
- в) $y - x - z$;
- г) $y - x + z$.

523. Константа скорости, энергия активации и параметр Аррениуса химической реакции при $25\text{ }^\circ\text{C}$ составляют $3,0 \cdot 10^{-4}\text{ c}^{-1}$, $104,4\text{ кДж/моль}$ и $6,0 \cdot 10^{14}\text{ c}^{-1}$ соответственно. Значение постоянной скорости при $T \rightarrow \infty$ равно:

- а) $2,0 \cdot 10^{18}\text{ c}^{-1}$;
- б) $6,0 \cdot 10^{14}\text{ c}^{-1}$;
- в) бесконечность;
- г) $3,0 \cdot 10^{-4}\text{ c}^{-1}$.

524. Если I – интенсивность поглощенного света, а C – концентрация АВ для фотохимического процесса $AB + h\nu \rightarrow AB^*$, то скорость образования AB^* прямо пропорциональна:

- а) C ,
- б) I ,
- в) I^2 ,
- г) $C \cdot I$.

6.31. Химия поверхности

525. Укажите, какая из следующих межфазных поверхностей *не может* быть получена:

- а) жидкость – жидкость;
- б) твердое вещество – твердое тело;
- в) жидкость – газ;
- г) газ – газ.

526. Если окунуть меловую палочку в чернила:

- а) цветные пигменты, содержащиеся в чернилах, впитываются в мел;
- б) растворитель адсорбируется на поверхности мела;
- в) внутренняя часть мела останется белой, в то время как на поверхности останутся цветные пигменты;
- г) внутренняя часть мела будет содержать цветные пигменты, в то время как поверхность останется белой.

527. Физическая адсорбция заметна:

- а) при более высокой температуре,
- б) пониженной температуре,
- в) при комнатной температуре,
- г) при $100\text{ }^\circ\text{C}$.

528. Скорость хемосорбции:

- а) уменьшается с повышением давления,
- б) не зависит от давления,
- в) максимальна при давлении в одну атмосферу,
- г) увеличивается с повышением давления.

529. Хроматография – это метод, основанный на изучении:

- а) растворимости растворенного вещества,
- б) адсорбции растворенного вещества,
- в) химической адсорбции с последующим диспергированием,
- г) дифференциальной адсорбции различных компонентов смеси.

530. Укажите, что из перечисленного *не является* характеристикой хемосорбции:

- а) адсорбция необратима,
- б) адсорбция уменьшается с повышением температуры,
- в) адсорбция специфична,
- г) адсорбция увеличивается с увеличением площади поверхности.

531. Укажите, какое из приведенных ниже утверждений *неверно*:

- а) физическая адсорбция обратима по своей природе,
- б) в физической адсорбции задействованы силы Ван-дер-Ваальса,
- в) скорость физической адсорбции увеличивается с увеличением давления на адсорбат,
- г) при физической адсорбции задействована высокая энергия активации.

532. Укажите газ, который будет адсорбироваться в твердом теле в большей степени:

- а) газ с неполярными молекулами;
- б) газ, имеющий более высокую критическую температуру;
- в) газ, имеющий самую низкую критическую температуру;
- г) газ, имеющий более высокое критическое давление.

533. Природа связующих сил при адсорбции является:

- а) чисто физической, как и сила Ван-дер-Ваальса;
- б) чисто химической;
- в) всегда как физической, так и химической;
- г) гравитационной.

534. Хемосорбции несвойственно:

- а) высокое значение ΔH ,
- б) возникновение при более высоких температурах,
- в) обратимость,
- г) образование монослоя.

535. Укажите, утверждение, которое *не является* характеристикой адсорбции:

- а) физическая адсорбция уменьшается с повышением температуры,
- б) физическая адсорбция увеличивается с повышением температуры,
- в) физическая адсорбция является обратимым процессом,
- г) адсорбция ограничена только поверхностью.

536. Термин *сорбция* используется, когда:

- а) происходит только адсорбция,
- б) происходит только абсорбция,
- в) адсорбция и абсорбция происходят одновременно,
- г) происходит десорбция.

537. Укажите вариант ответа, в котором объемы газов H_2 , CH_4 , CO_2 и NH_3 , адсорбированных 1 г древесного угля при температуре 288 К, приведены в соответствующем этому процессу порядке:

- а) $H_2 > CH_4 > CO_2 > NH_3$;
- б) $CH_4 > CO_2 > NH_3 > H_2$,
- в) $CO_2 > NH_3 > H_2 > CH_4$;
- г) $NH_3 > CO_2 > CH_4 > H_2$.

538. На изотерме адсорбции Фрейндлиха угол наклона прямой линии между $\log(x/m)$ и $\log P$ для адсорбции газа на твердом теле равен:

- а) k ,
- б) $\log k$,
- в) n ,
- г) $\frac{1}{n}$.

539. Из перечисленных характеристик *не соответствует* физической адсорбции газа на твердом теле:

- а) адсорбция обратима,
- б) адсорбция увеличивается с повышением температуры,
- в) поглощение происходит спонтанно,
- г) как энтальпия, так и энтропия адсорбции отрицательны.

540. Энтальпия адсорбции при физическом поглощении находится в диапазоне:

- а) 40–400 кДж/моль,
- б) 80–240 кДж/моль,
- в) 20–40 кДж/моль,
- г) 1–10 кДж/моль.

541. При физической адсорбции взаимодействуют силы:

- а) ионной связи,
- б) ковалентной связи,
- в) силы Ван-дер-Ваальса,
- г) все перечисленные.

542. Укажите, сколько слоев адсорбируется при химической адсорбции:

- а) 1,
- б) 2,
- в) 3,
- г) 1 или более.

543. Скорость физической адсорбции увеличивается:

- а) с понижением температуры,
- б) повышением температуры,
- в) снижением давления,
- г) уменьшением площади поверхности.

6.32. Катализ

544. Укажите, что из приведенного ниже *не является* примером гомогенного катализа:

- а) образование SO_3 в камерном процессе;
- б) образование SO_3 в контактном процессе;
- в) гидролиз сложного эфира в присутствии кислоты;
- г) разложение KClO_3 в присутствии MnO_2 .

545. Разложение пероксида водорода может быть замедлено добавлением небольшого количества ацетамида. Последний действует как:

- а) ингибитор,
- б) активатор,
- в) замедлитель,
- г) яд.

546. Эффективность катализатора зависит от его:

- а) молекулярной массы,
- б) количества свободных валентностей,
- в) физического состояния,
- г) количества используемого.

547. Укажите, какие из перечисленных ниже металлов являются наиболее эффективными катализаторами:

- а) переходные металлы,
- б) щелочные металлы,
- в) щелочноземельные металлы,
- г) радиоактивные металлы.

548. В реакции $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow$ Продукты ионы Mn^{2+} действуют как:

- а) положительный катализатор,
- б) отрицательный катализатор,
- в) автокатализатор,
- г) ферментативный катализатор.

549. В Габеровском процессе синтеза NH_3 :

- а) Мо действует как катализатор, а Fe – как промотор;
- б) Fe действует как катализатор, а Мо – как промотор;
- в) Fe действует как ингибитор, а Мо – как катализатор;
- г) Fe действует как промотор, а Мо – как автокатализатор.

550. Тетраэтилсвинец минимизирует детонационный эффект при смешивании с бензином. Он действует как:

- а) положительный катализатор,
- б) отрицательный катализатор,
- в) автокатализатор,
- г) индуцирующий катализатор.

551. Платинированный асбест используется в качестве катализатора при производстве H_2SO_4 . Это пример:

- а) гомогенного катализатора,
- б) гетерогенного катализатора,
- в) автокатализатора,
- г) индуцирующего катализатора.

552. Катализатором, используемым в производстве водорода по технологии Боша, является:

- а) Fe_2O_3 ;
- б) Cr_2O_3 ;
- в) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3$;
- г) Cu.

553. В способе Оствальда для получения HNO_3 в качестве катализатора используется:

- а) Fe,
- б) P,
- в) V_2O_5 ,
- г) Mo.

554. В обратимой реакции катализатор:

- а) увеличивает скорость только прямой реакции;
- б) увеличивает скорость прямой реакции в большей степени, чем обратной реакции;
- в) увеличивает скорость прямой реакции и уменьшает скорость обратной реакции;
- г) увеличивает скорость прямой и обратной реакции на один и тот же коэффициент.

555. Разложение H_2O_2 можно проверить, добавив небольшое количество фосфорной кислоты. Это пример:

- а) нейтрализации,
- б) негативного катализа,
- в) позитивного катализа,
- г) каталитического отравления.

556. При производстве H_2SO_4 контактным способом присутствие As_2O_3 действует как:

- а) катализатор,
- б) каталитический яд,
- в) индуцирующий катализатор,
- г) автокатализатор.

557. В высказывании «Воздух может окислять сульфит натрия в водном растворе, но не может этого сделать в случае арсенита натрия. Однако, если воздух пропустить через раствор, содержащий сульфат натрия и сульфит натрия, тогда арсенит натрия подвергается окислению» содержится пример:

- а) положительного катализа,
- б) отрицательного катализ,
- в) индуцированного катализа,
- г) автокатализа.

558. Катализатор – это вещество, которое:

- а) увеличивает равновесную концентрацию продукта,
- б) изменяет константу равновесия реакции,
- в) сокращает время достижения равновесия,
- г) обеспечивает реакцию энергией.

559. Катализатор:

- а) увеличивает изменение свободной энергии в реакции;
- б) уменьшает изменение свободной энергии в реакции;
- в) не увеличивает и не уменьшает изменение свободной энергии в реакции;
- г) может как уменьшать, так и увеличивать изменение свободной энергии в зависимости от того, какой катализатор мы используем.

560. Работа ферментов в живой системе заключается:

- а) в переносе кислорода,
- б) обеспечении иммунитета,
- в) катализе биохимических реакций,
- г) получении энергии.

561. Укажите утверждение, которое *не подходит* для гетерогенного катализа:

- а) катализатор снижает энергию активации,
- б) поверхность катализатора играет важную роль,
- в) катализатор образует промежуточное соединение с реагентами на поверхности,
- г) энергия активации не изменяется.

562. В случае автокатализа:

- а) катализаторы – это реагенты реакции;
- б) тепло выделяется в катализаторах реакции;
- в) катализаторы – это продукты реакции;
- г) катализаторы – это растворители.

563. Цеолиты используются в качестве катализаторов:

- а) в нефтехимической промышленности при крекинге,
- б) при получении H_2SO_4 ,
- в) при гидролизе сложных эфиров,
- г) во всех этих процессах.

6.33. Коллоиды

564. Сливочное масло – это коллоид, образующийся, когда:

- а) жидкий жир диспергируется в жидком жире,
- б) жидкий жир диспергируется в воде,
- в) вода диспергируется в жидком жире,
- г) твердый жир диспергируется в воде.

565. Лиофобные коллоиды являются:

- а) обратимыми,
- б) необратимыми,
- в) влаголюбивыми,
- г) растворяющими веществами.

566. Зо́ль серы содержит:

- а) отдельные атомы серы;
- б) отдельные молекулы серы;
- в) воду, диспергированную в твердой сере;
- г) крупные скопления молекул серы.

567. Когда свежесосажденный $Fe(OH)_3$ кипятят с водой в присутствии нескольких капель разбавителя HCl , то получают гидратированный зо́ль оксида железа. Способ называется:

- а) электродиспергирование,
- б) пептизация,
- в) ультрафильтрация,
- г) диализ.

568. Укажите причину введения хлорида железа для остановки кровотечения:

- а) кровь начинает течь в обратном направлении;
- б) хлорид железа закупоривает кровеносный сосуд;
- в) кровь вступает в реакцию и образует твердое вещество, которое закупоривает кровеносный сосуд;
- г) кровь свертывается и кровеносный сосуд закупоривается.

569. Ионы Fe^{3+} свертывают кровь. Это показывает, что кровь содержит коллоидные частицы, несущие:

- а) отрицательный заряд,
- б) положительный заряд,
- в) отсутствие заряда,
- г) положительный и отрицательный заряд.

570. Золотое число – это показатель:

- а) количества золота, присутствующего в коллоидном растворе;
- б) количества золота, необходимого для разрушения коллоида;
- в) количества золота, необходимого для защиты коллоида;

571. При добавлении 1 мл 10 %-го раствора NaCl к 10 мл золя красного золота в присутствии 0,0025 г крахмала коагуляция просто предотвращается. Золотое число крахмала равно:

- а) 25;
- б) 2,5;
- в) 0,25;
- г) 0,025.

572. Все коллоидные растворы характеризуются:

- а) осмотическим давлением,
- б) высоким осмотическим давлением,
- в) низким осмотическим давлением,
- г) отсутствием осмотического давления.

573. Золотые числа А, В, С и D равны 0,04, 0,002, 10 и 25 соответственно. Защитные свойства А, В, С и D, соответственно, находятся в следующем порядке:

- а) $A > B > C > D$;
- б) $B > A > C > D$;
- в) $D > C > B > A$;
- г) $C > A > B > D$.

574. Заряд золя As_2S_3 в воде обусловлен поглощенным ионом:

- а) H^+ ,
- б) OH^- ,
- в) O^{2-} ,
- г) S^{2-} .

575. Движение дисперсионной среды в электрическом поле, при котором движение дисперсных частиц затруднено, называется:

- а) катафорезом,
- б) электрофорезом,
- в) электроосмотическим процессом,
- г) броуновским движением.

576. Наиболее эффективен для коагуляции золя желатина:

- а) NaCl,
- б) Na_2SO_4 ,
- в) $AlCl_3$,
- г) спирт.

577. Разность потенциалов между неподвижным заряженным слоем и рассеянным слоем, имеющим противоположный заряд, называется:

- а) коллоидным потенциалом,
- б) дзета-потенциалом,
- в) электростатическим потенциалом,
- г) электродным потенциалом.

578. Примером мицеллы является:

- а) водный раствор As_2O_3 ,
- б) рубиновое стекло,
- в) водный раствор Na_2CO_3 ,
- г) концентрированный раствор стеарата натрия.

579. Свежеприготовленный осадок $Fe(OH)_3$ пептизируют добавлением раствора $FeCl_3$. Заряд коллоидной частицы обусловлен преимущественным поглощением:

- а) ионов Cl^- ,
- б) ионов Fe^{3+} ,
- в) ионов OH^- ,
- г) ионов H^+ .

580. Правило Гарди – Шульце гласит:

- а) неэлектролиты оказывают лучшее коагулирующее действие на коллоиды, чем электролиты;
- б) золи коагулируются эффективными ионами, заряд которых противоположен заряду золя, и ионы с более высоким зарядом намного эффективнее ионов с меньшим зарядом;
- в) заряд ионов не влияет на коагуляцию золя;
- г) золи коагулируются только теми ионами, заряд которых аналогичен заряду золя.

581. Укажите, какое из следующих утверждений о молоке является правильным:

- а) молоко представляет собой эмульсию жидкого жира в воде;
- б) молоко представляет собой эмульсию белка в воде;
- в) молоко стабилизируется белком;
- г) молоко стабилизируется жиром.

582. Коллоидные частицы несут заряд. Это может быть показано с помощью:

- а) эффекта Тиндаля,
- б) электрофореза,
- в) броуновского движения,
- г) диализа.

583. Из перечисленных солей наиболее эффективно вызывает коагуляцию золя гидроксида железа:

- а) KCl ,
- б) KNO_3 ,
- в) K_2SO_4 ,
- г) $K_3Fe(CN)_6$.

584. При добавлении раствора AgNO_3 в раствор KI получается отрицательно заряженный коллоидный золь, когда они находятся:

- а) в 100 мл 0,1 М AgNO_3 + 100 мл 0,1 М KI ;
- б) 100 мл 0,1 М AgNO_3 + 50 мл 0,2 М KI ;
- в) 100 мл 0,1 М AgNO_3 + 50 мл 0,1 М KI ;
- г) 100 мл 0,1 М AgNO_3 + 100 мл 0,15 М KI .

585. Вещества, растворы которых легко проникают через мембраны животных, называются:

- а) коллоидами,
- б) кристаллоидами,
- в) электролитами,
- г) неэлектролитами.

586. Размер коллоидных частиц находится в пределах:

- а) от 10^{-7} до 10^{-9} см,
- б) от 10^{-9} до 10^{-11} см,
- в) от 10^{-4} до 10^{-7} см,
- г) от 10^{-2} до 10^{-3} см.

587. Если дисперсионная фаза жидкая, а дисперсионная среда твердая, то коллоид называется:

- а) золев,
- б) гелем,
- в) эмульсией,
- г) пеной.

588. Эмульсия – это коллоидный раствор, состоящий:

- а) из двух твердых веществ,
- б) двух жидкостей,
- в) двух газов,
- г) одного твердого вещества и одной жидкости.

589. Пептизация – это процесс:

- а) осаждения коллоидных частиц,
- б) очистки коллоидного золя,
- в) диспергирования осадка в коллоидный золь,
- г) перемещения коллоидных частиц к противоположно заряженным электродам.

590. Коллоиды эффективно очищаются с помощью:

- а) броуновского процесса,
- б) осаждения,
- в) диализа,
- г) фильтрации.

591. Укажите, какое из перечисленных веществ дает положительно заряженный золь:

- а) золото,
- б) сульфид мышьяка,
- в) крахмал,
- г) гидроксид железа.

592. Кровь может быть очищена с помощью:

- а) диализа,
- б) электроосмотического метода,
- в) коагуляции,
- г) фильтрации.

593. Дубление кожи – это:

- а) окрашивание кожи химическими веществами,
- б) процесс сушки для придания коже твердости,
- в) полировка кожи для придания ей привлекательного внешнего вида,
- г) коагуляционное упрочнение кожи химическими веществами.

594. Поверхностное натяжение лиофильного золя:

- а) ниже, чем у дисперсионной среды;
- б) больше, чем у дисперсионной среды;
- в) равно поверхностному натяжению дисперсионной среды;
- г) любое из этих значений, в зависимости от дисперсионной среды.

595. Какое вещество образует коллоидный раствор в воде:

- а) NaCl,
- б) глюкоза,
- в) крахмал,
- г) нитрат бария.

596. При добавлении разбавленного водного раствора AgNO_3 (в избытке) к раствору KI образуются положительно заряженные частицы золя AgI за счет адсорбции иона:

- а) K^+ ,
- б) Ag^+ ,
- в) I^- ,
- г) NO_3^- .

597. Из перечисленных веществ *не используется* для приготовления лиофильных зольей:

- а) сульфид металла,
- б) камедь,
- в) желатин,
- г) крахмал.

598. Из перечисленных веществ *не является* коллоидной системой:

- а) вода с сахаром,
- б) мутная вода,
- в) бетон,
- г) хлеб.

599. Эффект Тиндаля в коллоидном растворе обусловлен:

- а) поглощением света,
- б) рассеянием света,
- в) отражением света,
- г) наличием электрически заряженных частиц.

600. Из перечисленных ниже веществ будет иметь наименьшее значение как СМС:

- а) $C_6H_{13}COOK$,
- б) $C_9H_{19}SO_3Na$,
- в) $C_{11}H_{23}NH_4Cl$,
- г) $C_8H_{17}COONa$.

601. В пенополистироле дисперсной фазой и дисперсионной средой являются:

- а) газ, газообразное вещество;
- б) газообразное вещество, твердое вещество;
- в) твердое вещество, твердая масса;
- г) жидкое, твердое вещество.

602. Укажите, что происходит, когда лиофильный золь добавляется к лиофобному золю:

- а) лиофильный золь защищается лиофобным золем;
- б) лиофобный золь коагулируется;
- в) лиофильный золь коагулируется;
- г) лиофобный золь защищается лиофильным золем.

603. Леофильные золи более стабильны, чем лиофобные, потому что

- а) коллоидные частицы имеют положительный заряд;
- б) коллоидные частицы не имеют заряда;
- в) коллоидные частицы сильно сольватированы;
- г) между заряженными коллоидными частицами существует сильное электростатическое отталкивание.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем учебном пособии представлены материалы для организации и проведения аудиторных занятий, а также самостоятельной работы по дисциплине «Физическая и коллоидная химия».

Для самостоятельной работы студентов по физической и коллоидной химии предлагаются и задачи разного уровня сложности.

Обобщению и закреплению материала способствует включение в пособие банка тестовых заданий.

Для успешной самостоятельной работы по дисциплине важно следовать нескольким ключевым рекомендациям и использовать эффективные методики:

- курс физической и коллоидной химии скомпонован по отдельным модулям и темам для удобства управления временем и последствиями. Например, можно начать с химического равновесия, затем перейти к термодинамике растворов и завершить курс электрохимических процессов или коллоидной химией;
- планирование: составьте общий график, который поможет вам организовать время изучения каждого модуля и выполнение практических заданий;
- изучение теоретического материала: применяйте различные методы изучения, такие как чтение учебников, просмотр видеоуроков, использование интерактивных ресурсов и выполнение задач для самообучения;
- самоконтроль: регулярно проверяйте свое понимание материала, используя вопросы и тесты для самоконтроля и примеры из учебников;
- активное вовлечение в практическую работу;
- решение задач: выполняйте теоретические и практические задачи, связанные с каждым модулем, чтобы применять знания на практике;
- использование рамок, границ, заливок, разных цветов, шрифтов, штриховок, рисунков, маркеров, диаграмм, схем для иллюстрации наиболее важных фактов – это поможет улучшить восприятие и запоминание информации;
- консультации: не стесняйтесь обращаться к преподавателю за помощью или объяснениями сложных моментов;
- регулярное посещение занятий: частое посещение лекций и лабораторных занятий поможет вам заинтересоваться предметом и своевременно получать новую информацию;
- дисциплина: общий режим дня, который будет включать время на учебу, отдых и физическую активность. Это поможет сохранить баланс между учебой и личной жизнью;
- подготовка к экзамену: подготовьте ответы на возможные вопросы экзамена, используя свои заметки и результаты самоконтроля с использованием тестов.

Следуя этим рекомендациям, вы сможете эффективно проводить самостоятельную работу по физической и коллоидной химии и достичь успеха в изучении этого сложного и важного предмета.

Задачи и тесты, предложенные для выполнения в ходе занятий и подготовки к ним, подобраны с учетом теоретических и методических разработок последних лет, позволяют активизировать самостоятельную работу студентов бакалавриата для более качественного осмысления материала и развития профессиональных качеств будущих учителей химии.

Автор будет благодарен читателям за замечания и предложения по улучшению содержания учебного пособия и формы изложения материала.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Афанасьев, Б.Н. Физическая химия: учебное пособие / Б.Н. Афанасьев, Ю.П. Акулова. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 464 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
2. Бажин, Н.М. Термодинамика для химиков / Н.М. Бажин, В.А. Иванченко, В.Н. Пармон. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Химия, 2004. – 416 с. – ISBN 5-9819-005-7.
3. Бокштейн, Б.С. Краткий курс физической химии / Б.С. Бокштейн, М.И. Менделеев. – 2-е изд., испр. – Москва: ЧеРо, 2001. – 232 с.
4. Волков, В.А. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебник / В.А. Волков. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 672 с. – ISBN 978-5-8114-1819-0. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
5. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия: учебник для вузов / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. – Москва: Химия, 2001. – 624 с. – ISBN 5-7245-1047-2.
6. Попова, А.А. Физическая химия: учебное пособие / А.А. Попова, Т.Б. Попова. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 496 с.
7. Пурмаль, А.П. А, Б, В... химической кинетики / А.П. Пурмаль. – Москва: Академкнига, 2004. – 277 с. – ISBN 5-94628-116-X.
8. Романовский, Б.В. Основы катализа: учебное пособие / Б.В. Романовский. – Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 172 с. – ISBN: 978-5-9963-0520-9. – (Учебник для высшей школы).
9. Сергеева, О.В. Введение в нанохимию: пособие для студентов хим. фак. / О.В. Сергеева, С.К. Рахманов. – Минск: БГУ, 2009. – 176 с. – ISBN 978-985-518-065-5.
10. Сумм, Б.Д. Основы коллоидной химии: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / Б.Д. Сумм. – 2-е изд. – Москва: Академия, 2007. – 240 с. – ISBN 978-5-7695-4041-7.

Дополнительная литература

11. Белопухов, С.Л. Физическая и коллоидная химия. Задачи и упражнения: учебное пособие / С.Л. Белопухов, И.Б. Немировская, В.Т. Семко [и др.]; под общ. ред. С.Л. Белопухова. – Москва: Проспект, 2016. – 208 с.
12. Бокуть, С.Б. Сборник задач по физической и коллоидной химии / С.Б. Бокуть, Л.Ф. Подобед, П.А. Киселев. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова. – 2007. – 100 с.
13. Бурдун, Г.Д. Международная система единиц / Г.Д. Бурдун, Н.В. Калашников, Л.Р. Стоцкий. – Москва: Высшая школа, 1964. – 275 с.
14. Введенский, А.В. Сборник примеров и задач по электрохимии: учебное пособие / А.В. Введенский, Е.В. Бобринская, С.Н. Грушевская, С.А. Калужина. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 208 с. – ISBN 978-5-8114-2761-1.

15. Журавлев, В.А. Термодинамика необратимых процессов в задачах и решениях / В.А. Журавлев. – Москва: Наука, 1979. – 136 с.
16. Казанская, А.С. Расчеты химических равновесий. Сборник примеров и задач: учебное пособие для вузов / А.С. Казанская, В.А. Скобло; под ред. Г.М. Панченкова. – Москва: Высшая школа, 1974. – 288 с.
17. Киреев, В.А. Курс физической химии: учеб. для университетов и химико-технолог. вузов / В.А. Киреев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Химия, 1975. – 776 с.
18. Колпакова, Н.А. Сборник задач по химической кинетике / Н.А. Колпакова, С.В. Романенко, В.А. Колпаков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 280 с.
19. Кудряшов, И.В. Сборник примеров и задач по физической химии: учебное пособие для хим.-технол. спец. вузов. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 1991. – 527 с. – ISBN 5-06-000660-3.
20. Марков, В.Ф. Коллоидная химия. Примеры и задачи: учебное пособие для СПО / В.Ф. Марков [и др.]; под науч. ред. В.Ф. Маркова. – Москва: Юрайт, 2019. – ISBN 978-5-534-02967-3; Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. – 186 с. – ISBN 978-5-7996-1922.
21. Минакова, Т.С. Сборник примеров и задач по физической химии: учебное пособие / Т.С. Минакова, Л.В. Цыро, О.В. Магаев. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2013. – 152 с.
22. Назаров, В.В. Тестовые задания по коллоидной химии: учебное пособие / В.В. Назаров, О.В. Жилина, А.С. Градский. – Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. – 132 с. – ISBN 978-5-7237-1141-9.
23. Нарышкин, Д.Г. Расчетные задачи химической термодинамики (начальный курс): учебное пособие / Д.Г. Нарышкин. – Москва: Изд-во МЭИ (ТУ), 2005. – 108 с.
24. Поверхностные явления и дисперсные системы. Коллоидная химия. Сборник примеров и задач: учеб.-метод. пособие для студентов ХТФ, ФТФ, ЭЭФ, ИГНД и ИДО / Е.В. Михеева, Н.П. Пикула, С.Н. Карбаинова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 116 с.
25. Практическая химическая кинетика. Химическая кинетика в задачах с решениями: учебное пособие / под общей ред. М.Я. Мельникова. – Москва: Изд-во МГУ. – ISBN 5-211-05233-1; Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 2006 – 592 с. – ISBN 5-288-04155-5.
26. Пророков, В.Н. Равновесия в растворах электролитов. Теория, задачи, эксперимент: учебное пособие / В.Н. Пророков, Н.А. Литова; под ред. В.Н. Пророкова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Иваново, 2009. – 102 с. – ISBN 978-5-9616-0282-1.
27. Пурмаль, А.П. Химическая кинетика (задачи, примеры, задания) / А.П. Пурмаль, В.Н. Простов. – Москва: МФТИ, 1999. – 160 с.
28. Сборник вопросов и задач по физической химии для самоконтроля: учебное пособие для вузов / А.Г. Атанасянц, С.Ф. Белевский, Г.С. Каретников [и др.]; под ред. С.Ф. Белевского. – Москва: Высшая школа, 1979. – 119 с.

29. Сборник задач по электрохимии: учебное пособие для вузов / Н.А. Колпакова, Л.С. Анисимова, Н.А. Пикула [и др.]; под ред. Н.А. Колпаковой. – Москва: Высшая школа, 2003. – 143 с. – ISBN 5-06-004279-0.

30. Серова, Ф.Г. Сборник задач по термодинамике: учебное пособие для студентов физ.-мат. ф-тов пед. ин-тов / Ф.Г. Серова, А.А. Янкина. – Москва: Просвещение, 1976. – 160 с.

31. Тимакова, Е.В. Физическая химия. Сборник заданий с примерами решений: учебное пособие / Е.В. Тимакова, А.А. Казакова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 136 с.

32. Физическая химия в вопросах и ответах / под общей ред. К.В. Топчиевой и Н.В. Федорович. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 264 с.

33. Цыренова, С.Б. Руководство к решению примеров и задач по коллоидной химии: учебное пособие / С.Б. Цыренова, Е.И. Чебунина, Ф.П. Балдынова. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2000. – 210 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белопухов, С.Л. Физическая и коллоидная химия. Задачи и упражнения: учебное пособие / С.Л. Белопухов, И.Б. Немировская, В.Т. Семко [и др.]; под общ. ред. С.Л. Белопухова. – Москва: Проспект, 2016. – 208 с.
2. Бокуть, С.Б. Сборник задач по физической и коллоидной химии / С.Б. Бокуть, Л.Ф. Подобед, П.А. Киселев. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова. – 2007. – 100 с.
3. Бурдун, Г.Д. Международная система единиц / Г.Д. Бурдун, Н.В. Калашников, Л.Р. Стоцкий. – Москва: Высшая школа, 1964. – 275 с.
4. Введенский, А.В. Сборник примеров и задач по электрохимии: учебное пособие / А.В. Введенский, Е.В. Бобринская, С.Н. Грушевская, С.А. Калужина. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 208 с. – ISBN 978-5-8114-2761-1.
5. Колпакова, Н.А. Сборник задач по химической кинетике / Н.А. Колпакова, С.В. Романенко, В.А. Колпаков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 280 с.
6. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. А.А. Равделя и А.М. Пономаревой. – Санкт-Петербург: Федоров, 2003. – 240 с. – ISBN 5-8194-0071-2.
7. Кудряшов, И.В. Сборник примеров и задач по физической химии; учебное пособие для хим.-технол. спец. вузов / И.В. Кудряшов, Г.С. Каретников. – Москва: Высшая школа, 1991. – 527 с. – ISBN 5-06-000660-3.
8. Пурмаль, А.П. Химическая кинетика (задачи, примеры, задания) / А.П. Пурмаль, В.Н. Простов. – Москва: МФТИ, 1999. – 160 с.
9. Сборник задач по электрохимии: учебное пособие для вузов / Н.А. Колпакова, Л.С. Анисимова, Н.А. Пикула [и др.]; под ред. Н.А. Колпаковой. – Москва: Высшая школа, 2003. – 143 с. – ISBN 5-06-004279-0.
10. Тимакова, Е.В. Физическая химия. Сборник заданий с примерами решений: учебное пособие / Е.В. Тимакова, А.А. Казакова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 136 с.
11. Физическая химия: сборник упражнений и задач / В.И. Антоненко, Н.В. Германюк, В.М. Жихарев [и др.]; под ред. Г.Г. Михайлова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 445 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВЕЛИЧИНЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ	5
Раздел 1. ТЕРМОХИМИЯ. ЗАКОНЫ ТЕРМОДИНАМИКИ	9
1.1. Аудиторные задания по разделу 1	9
1.1.1. Задание к лабораторному занятию 1	9
1.1.2. Задание к лабораторному занятию 2	9
1.2. Задачи и решение	9
Раздел 2. РАСТВОРЫ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА	17
2.1. Аудиторные задания по разделу 2	17
2.1.1. Задание к лабораторному занятию 3	17
2.1.2. Задание к лабораторному занятию 4	17
2.1.3. Задание к лабораторному занятию 5	17
2.2. Задачи и решение	18
2.2.1. Фазовые равновесия. Растворы	18
2.2.2. Коллигативные свойства растворов	21
2.2.3. Электролитическая диссоциация	24
Раздел 3. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА	26
3.1. Аудиторные задания по разделу 3	26
3.1.1. Задание к лабораторному занятию 6	26
3.1.2. Задание к лабораторному занятию 7	26
3.1.3. Задание к лабораторному занятию 8	27
3.2. Задачи и решение	27
3.2.1. Введение в химическую кинетику	27
3.2.2. Кинетика сложных реакций	31
3.2.3. Кинетика гетерогенных реакций. Катализ	34

Раздел 4. ЭЛЕКТРОХИМИЯ	38
4.1. Аудиторные задания по разделу 4	38
4.1.1. Задание к лабораторному занятию 9	38
4.1.2. Задание к лабораторному занятию 10	38
4.2. Задачи и решение	39
4.2.1. Введение в электрохимию. Электропроводность	39
4.2.2. Гальванические элементы. Электролиз	43
Раздел 5. КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	46
5.1. Аудиторные задания по разделу 5	46
5.1.1. Задание к лабораторному занятию 11	46
5.1.2. Задание к лабораторному занятию 12	46
5.1.3. Задание к лабораторному занятию 13	47
5.2. Задачи и решение	47
5.2.1. Поверхностные явления. Адсорбция	47
Раздел 6. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ	58
6.1. Термодинамические системы	58
6.2. Первый закон термодинамики	60
6.3. Второй и третий законы термодинамики, энтропия	69
6.4. Функция свободной энергии Гиббса	72
6.5. Термохимия	73
6.6. Энтальпия образования	75
6.7. Энтальпия разложения (горения)	77
6.8. Энтальпия нейтрализации	79
6.9. Закон Гесса	81
6.10. Энтальпия связи	85
6.11. Химическое равновесие	88
6.12. Гетерогенное равновесие	93
6.13. Принцип Ле Шателье	95
6.14. Электрохимия	99

6.15. Гальванический элемент	104
6.16. Электролиз	110
6.17. Электропроводность	116
6.18. Растворение газа в жидкости	120
6.19. Давление паров	120
6.20. Раствор жидкости в жидкости	121
6.21. Понижение давления паров	123
6.22. Осмотическое давление	126
6.23. Повышение температуры кипения	128
6.24. Понижение температуры замерзания	130
6.25. Аномальные коллигативные свойства	131
6.26. Химическая кинетика. Скорость реакции, закон скорости, порядок и молекулярность реакции	135
6.27. Механизм реакций	142
6.28. Интегральная форма закона скорости	143
6.29. Параллельные, последовательные и обратимые реакции	148
6.30. Зависимость скорости реакции от температуры и катализатора	149
6.31. Химия поверхности	152
6.32. Катализ	155
6.33. Коллоиды	158
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	164
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	166
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	169

Учебное издание

Владимир Владимирович Меньшиков

ЗАДАЧИ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ И КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ

Учебно-практическое пособие

ISBN 978-5-907869-65-3

Работа рекомендована РИС ЮУрГГПУ
Протокол № 31, пункт 18 от 2024 г.

Редактор О.В. Боярская
Технический редактор О.М. Нежиренко

Издательство ЮУрГГПУ
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69

Подписано в печать 24.12.2024

Объем 6,8 уч.-изд. л. (20,23 усл. п. л.)

Тираж 100 экз.

Бумага офсетная

Формат 60x84/8

Заказ № _____

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии ЮУрГГПУ
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69