

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические указания
к выполнению контрольной работы и расчетно-графической работы**

По дисциплине: **Б1.Б.24 Физическая и коллоидная химия**
для направления подготовки (специальности): **15.03.02 Технологические
машины и оборудование**

Профиль (специализация): **Пищевая инженерия малых предприятий**

Квалификация выпускника, уровень подготовки: **бакалавр**

Кафедра-разработчик: **кафедра химии**

**Мурманск
2020**

Составитель - Коновалова Ирина Никандровна, канд.техн.наук., профессор кафедры химии.

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры химии.

ОГЛАВЛЕНИЕ

- I. Общие организационно-методические указания
- II. Темы контрольной работы и расчетно-графической работы
- III. Список рекомендуемой литературы
- IV. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы и расчетно-графической работы

I. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО - МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Целью дисциплины «Физическая и коллоидная химия» является формирование компетенций в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра и учебным планом для направления подготовки **15.03.02 Технологические машины и оборудование**

Задачи: дать необходимые теоретические знания, практические умения и навыки по основам физической и коллоидной химии, позволяющие успешно использовать их в профессиональной деятельности.

В результате изучения дисциплины бакалавр должен:

Знать: физико- и коллоидно-химические основы протекания процессов в дисперсных системах

Уметь: использовать физико-химические и коллоидно-химические свойства дисперсных систем при решении профессиональных задач; использовать основные приемы обработки экспериментальных данных;

Владеть: навыками постановки эксперимента и обработки экспериментальных результатов; навыками выполнения химических лабораторных операций.

II. ТЕМЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ И РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа (дневная форма обучения):

Химическая термодинамика. Химическая кинетика. Растворы

Контрольная работа (заочная форма обучения):

Поверхностное натяжение. Адсорбция

Расчетно-графическая работа (дневная форма обучения):

Адсорбция газообразных и растворенных веществ на твердой поверхности

III СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Фролов, Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы : учебник для вузов / Ю. Г. Фролов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Химия, 1989. - 464 с.: ил. - ISBN 5-7245-0244-5(библиотека МГТУ: абонемент-89, читальный зал-1)
2. Хмельницкий, Р.А. Физическая и коллоидная химия : учебник для вузов / Р. А. Хмельницкий. - Москва : Высш. шк., 1988. - 400 с. : ил. - ISBN 5-06-001257-3 : 43-20. (библиотека МГТУ: абонемент-26, читальный зал-1)
3. Коллоидная химия : учебник для бакалавров / Е. Д. Щукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина. - 6-е изд. - Москва : Юрайт, 2012. - 443, [1] с. : ил. - (Бакалавр). - Библиогр.: с. 433. - ISBN 978-5-9916-1619-5 : 315-48.(библиотека МГТУ: абонемент-29, читальный зал-1)
4. Стромберг, А.Г. Физическая химия : учебник для вузов / А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко; под ред. А. Г. Стромберга. - 5-е изд., испр. - Москва : Высш. шк., 2003. - 527 с. : ил. - ISBN 5-06-003627-8 :176-40. (библиотека МГТУ: абонемент-30, читальный зал-1)

Дополнительная литература

1. Сборник расчетно-графических заданий и задач по коллоидной химии [Электронный ресурс] : учеб. пособие по дисциплинам "Коллоидная химия" для специальностей 020101.65 "Химия", 020201.65 "Биология", 020803.65 "Биоэкология" и "Физическая и коллоидная химия" для специальности 270112.65 "Водоснабжение и водоотведение" / Н. Г. Воронько; Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1.3 Мб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2009. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана. - Имеется печ. аналог 2009 г.
2. Коновалова, И. Н. Поверхностные явления, дисперсные системы в пищевой технологии : учеб. пособие для вузов / И. Н. Коновалова; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации ; Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т. - [2-е изд., перераб.]. - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2006. - 97 с. : ил. - Имеется электрон. аналог 2006 г. - Библиогр.: с. 95-97. - ISBN 5-86185-270-7 : 224-92 . (библиотека МГТУ: абонемент-47, читальный зал-2)
3. Коновалова, И. Н. Практикум по физической и коллоидной химии (задачи и расчетно-графические задания по физической и коллоидной химии) : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 271200 "Технология продуктов общественного питания" направления подгот. дипломир. специалиста 655700 "Технология продовольственных продуктов специального назначения и общественного питания и по специальностям 170000 "Машины и аппараты пищевых производств", 271300 "Пищевая инженерия малых предприятий" направления подгот. дипломир. специалиста 655800 "Пищевая инженерия" / И. Н. Коновалова, Г. И. Берестова; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации ; Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т. - Мурманск : МГТУ, 2005. - 111 с. (библиотека МГТУ: абонемент-109, читальный зал-2)

4. Физическая и коллоидная химия [Электронный ресурс] : метод. указания для самостоят. работы студентов специальностей 271000 "Технология рыбы и рыбных продуктов", 271200 "Технология продуктов общественного питания". Ч. 2. Коллоидная химия / Гос. ком. Рос. Федерации по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т, Каф. химии ; сост. И. Н. Коновалова. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 385 Кб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2003. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана.
5. Практикум и задачник по коллоидной химии : поверхностные явления и дисперсные системы : учеб. пособие для вузов / [В. В. Назаров и др.] ; под ред. В. В. Назарова, А. С. Гродского. - Москва : Академкнига, 2007. - 372 с. : ил. - Авт. указаны на обороте тит. л. - Библиогр.: с. 369. - ISBN 978-5-94628-267-3 : 345-97. (библиотека МГТУ: абонемент-29, читальный зал-1)
6. Путинцев, Н.М. Практикум по физической химии [Электронный ресурс] : учеб. пособие по "Физической химии" для специальностей 020101 "Химия", 020201 "Биология", 020803 "Биоэкология", 280202 "Инженерная защита окружающей среды" и "Физической и коллоидной химии" для специальностей 260302 "Технология рыбы и рыбных продуктов", 260501 "Технология продуктов общественного питания" / Н. М. Путинцев, Н. Г. Воронько; Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1.6 Мб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана. - Имеется печ. аналог 2008 г.
7. Путинцев, Н.М. Сборник расчетно-графических заданий по физической химии : учеб. пособие / Н. М. Путинцев, Н. Г. Воронько; М-во сел. хоз-ва РФ ; Федер. агентство по рыболовству ; Мурман. гос. техн. ун-т. - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2006. - 170 с. - Библиогр.: с. 156-158. (библиотека МГТУ: абонемент-192, читальный зал-2)

IV. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ И РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Задания для контрольной работы и расчетно-графической работы представляют собой тексты заданий в виде отдельных вариантов (типовые варианты приведены ниже).

Контрольная и расчетно-графическая работа, выполняемая обучающимися, должны быть представлена в рукописном виде на отдельных листах бумаги или в тонких тетрадах, графики построены на миллиметровой бумаге или выполнены на компьютере.

При решении заданий рекомендуется использовать учебные пособия, в которых приведены примеры решения заданий по предлагаемым темам:

-Путинцев, Н.М. Практикум по физической химии [Электронный ресурс] : учеб. пособие по "Физической химии" для специальностей 020101 "Химия", 020201 "Биология", 020803 "Биоэкология", 280202 "Инженерная защита окружающей среды" и "Физической и коллоидной химии" для специальностей 260302 "Технология рыбы и рыбных продуктов", 260501 "Технология продуктов общественного питания" / Н. М. Путинцев, Н. Г. Воронько; Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1.6 Мб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана. - Имеется печ. аналог 2008 г.

-Путинцев, Н.М. Сборник расчетно-графических заданий по физической химии : учеб. пособие / Н. М. Путинцев, Н. Г. Воронько; М-во сел. хоз-ва РФ ; Федер. агентство по рыболовству ; Мурман. гос. техн. ун-т. - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2006. - 170 с. - Библиогр.: с. 156-158. (библиотека МГТУ: абонемент-192, читальный зал-2)

- Практикум и задачник по коллоидной химии : поверхностные явления и дисперсные системы : учеб. пособие для вузов / [В. В. Назаров и др.] ; под ред. В. В. Назарова, А. С. Гродского. - Москва : Академкнига, 2007. - 372 с. : ил. - Авт. указаны на обороте тит. л. - Библиогр.: с. 369. - ISBN 978-5-94628-267-3 : 345-97. (библиотека МГТУ: абонемент-29, читальный зал-1)

- Коновалова, И. Н. Практикум по физической и коллоидной химии (задачи и расчетно-графические задания по физической и коллоидной химии) : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 271200 "Технология продуктов общественного питания" направления подгот. дипломир. специалиста 655700 "Технология продовольственных продуктов специального назначения и общественного питания и по специальностям 170000 "Машины и аппараты пищевых производств", 271300 "Пищевая инженерия малых предприятий" направления подгот. дипломир. специалиста 655800 "Пищевая инженерия" / И. Н. Коновалова, Г. И. Берестова; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации ; Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т. - Мурманск : МГТУ, 2005. - 111 с.

- Сборник расчетно-графических заданий и задач по коллоидной химии [Электронный ресурс] : учеб. пособие по дисциплинам "Коллоидная химия" для специальностей 020101.65 "Химия", 020201.65 "Биология", 020803.65 "Биоэкология" и "Физическая и коллоидная химия" для специальности 270112.65 "Водоснабжение и водоотведение" / Н. Г. Воронько; Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1.3 Мб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2009. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана. - Имеется печ. аналог 2009 г.

Примеры решения заданий

Контрольная работа (дневная форма обучения): Химическая термодинамика. Химическая кинетика. Растворы

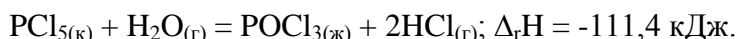
Пример 1. При взаимодействии кристаллов хлорида фосфора (V) с парами воды образуется жидкий $POCl_3$ и хлористый водород. Реакция сопровождается выделением 111,4 кДж теплоты. Напишите термохимическое уравнение этой реакции.

Решение

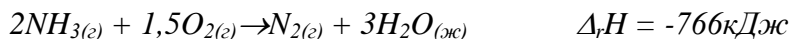
Уравнения реакций, в которых около символов химических соединений указываются их агрегатные состояния или кристаллическая модификация, а также численное значение тепловых эффектов, называют *термохимическими*. В термохимических реакциях, если это специально не оговорено, указывается значения тепловых эффектов при постоянном давлении Q_p , равные изменению энтальпии системы $\Delta_r H$.

Значение $\Delta_r H$ приводят обычно в правой части уравнения, отделяя его запятой или точкой с запятой. Приняты следующие сокращенные обозначения агрегатного состояния веществ: г – газообразное, ж – жидкое, к – кристаллическое. Эти символы опускаются, если агрегатное состояние веществ очевидно. Если в результате реакции выделяется теплота, то $\Delta_r H < 0$.

Учитывая сказанное, составляем термохимическое уравнение данной в примере реакции:



Пример 2: Вычислите теплоту образования аммиака, исходя из реакции:



Теплота образования воды равна $-286,2$ кДж/моль

Решение:

Теплотой образования (энтальпией) данного соединения называют тепловой эффект реакции образования 1 моль этого соединения из простых веществ, взятых в их устойчивом состоянии при данных условиях. Обычно теплоты образования относят к стандартному состоянию, т.е. 25 градусов Цельсия (298 К) и $1,013 \cdot 10^5$ Па, и обозначают через $\Delta_f H_{298}^0$.

Согласно следствия закона Гесса (тепловой эффект химической реакции равен сумме теплот образования продуктов реакции за вычетом суммы теплот образования исходных веществ с учетом стехиометрических коэффициентов)

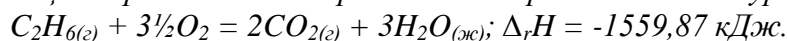
$$\Delta_r H = [\Delta_f H_{298}^0(N_{2(g)}) + 3\Delta_f H_{298}^0(H_2O_{(ж)})] - [2\Delta_f H_{298}^0(NH_{3(g)}) + 1,5\Delta_f H_{298}^0(O_{2(g)})].$$

Отсюда находим

$$\Delta_f H_{298}^0(NH_{3(g)}) = \frac{\Delta_f H_{298}^0(N_{2(g)}) + 3\Delta_f H_{298}^0(H_2O_{(ж)}) - 1,5\Delta_f H_{298}^0(O_{2(g)}) - \Delta_r H}{2}.$$

Так как теплоты образования простых веществ в стандартном состоянии равны нулю, следовательно $\Delta_f H_{298}^0(NH_{3(g)}) = \frac{3 \cdot (-286,2) - (-766)}{2} = -46,3 \text{ кДж/ моль}$

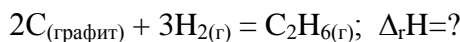
Пример 3. Реакция горения этана выражается термохимическим уравнением.



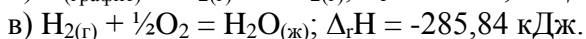
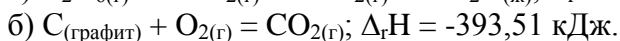
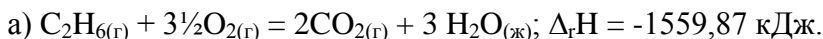
Вычислите теплоту образования этана, если известны теплоты образования $CO_2(g)$ и $H_2O(ж)$ (табл.5).

Решение

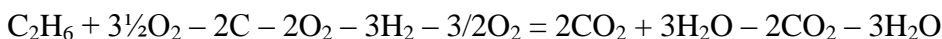
Необходимо вычислить тепловой эффект реакции, термохимическое уравнение которой имеет вид



Исходя из следующих данных:



На основании закона Гесса с термохимическими уравнениями можно оперировать так же, как и с алгебраическими. Для получения искомого результата следует уравнение (б) умножить на 2, уравнение (в) – на 3, а затем сумму этих уравнений вычесть из уравнения (а):



$$\Delta_r H = -1559,87 - 2 \cdot (-393,51) - 3 \cdot (-285,84);$$

$$\Delta_r H = -1559,87 + 787,02 + 857,52; \quad C_2H_6 = 2C + 3H_2;$$

$$\Delta_r H = +84,67 \text{ кДж.}$$

Так как теплота образования равна теплоте разложения с обратным знаком, то $\Delta_f H_{298}^0(C_2H_6) = -84,67 \text{ кДж.}$ К тому же результату придем, если для решения задачи применить вывод из закона Гесса:

$$\Delta_r H = 2 \Delta_f H_{298}^0(CO_2) + 3 \Delta_f H_{298}^0(H_2O) - \Delta_f H_{298}^0(C_2H_6) - 3\frac{1}{2} \Delta_f H_{298}^0(O_2)$$

Учитывая, что стандартные теплоты образования простых веществ условно приняты равными нулю,

$$\Delta_f H_{298}^0(C_2H_6) = 2 \Delta_f H_{298}^0(CO_2) + 3 \Delta_f H_{298}^0(H_2O) - \Delta_r H$$

$$\Delta_f H_{298}^0(C_2H_6) = 2 \cdot (-393,51) + 3 \cdot (-285,84) + 1559,87;$$

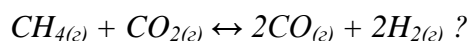
$$\Delta_f H_{298}^0(C_2H_6) = -84,67 \text{ кДж.}$$

Пример 4. В каком состоянии энтропия 1 моль вещества больше, в кристаллическом или парообразном при той же температуре?

Решение

Энтропия есть мера неупорядоченности состояния вещества. В кристалле частицы (атомы, ионы) расположены упорядоченно и могут находиться лишь в определенных точках пространства, а для газа таких ограничений нет. Объем 1 моль газа гораздо больше, чем объем 1 моль кристаллического вещества; возможность хаотичного движения молекул газа больше. А так как энтропию можно рассматривать как количественную меру хаотичности атомно-молекулярной структуры вещества, то энтропия 1 моль паров вещества больше энтропии 1 моль его кристаллов при одинаковой температуре.

Пример 5. Прямая или обратная реакция будет протекать при стандартных условиях в системе



Решение

Для ответа на вопрос следует вычислить $\Delta_r G_{298}^0$ прямой реакции. Значения $\Delta_r G_{298}^0$ соответствующих веществ приведены в табл. 5. Зная, что $\Delta_r G_{298}^0$ есть функция состояния и

что $\Delta_r G_{298}^0$ для простых веществ, находящихся в устойчивых при стандартных условиях агрегатных состояниях, равны нулю, находим $\Delta_r G_{298}^0$ процесса из соотношения 6:

$$\Delta_r G_{298}^0 = [2 \cdot \Delta_f G_{298}^0(\text{CO}) + 2 \cdot \Delta_f G_{298}^0(\text{H}_2)] - [\Delta_f G_{298}^0(\text{CH}_4) + \Delta_f G_{298}^0(\text{CO}_2)] = [2 \cdot (-137,27) + 2 \cdot (0)] - [(-50,79) + (-394,38)] = +170,63 \text{ кДж.}$$

То что $\Delta_r G_{298}^0 > 0$, указывает на невозможность самопроизвольного протекания прямой реакции при $T = 298 \text{ K}$ и равенстве давлений взятых газов $1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ($760 \text{ мм рт.ст.} = 1 \text{ атм.}$).

Пример 6. Во сколько раз изменится скорость прямой и обратной реакции в системе: $2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(g)}$, если объем газовой смеси уменьшить в три раза? В какую сторону сместится равновесие системы?

Решение

Обозначим концентрации реагирующих веществ: $[\text{SO}_2] = a$, $[\text{O}_2] = b$, $[\text{SO}_3] = c$. Согласно закону действия масс скорости и прямой и обратной реакций до изменения объема: $v_{\text{пр}} = k \cdot a^2 \cdot b$ (8); $v_{\text{обр}} = k_1 \cdot c^2$ (9)

После уменьшения объема гомогенной системы в три раза концентрация каждого из реагирующих веществ увеличится в три раза: $[\text{SO}_2] = 3a$, $[\text{O}_2] = 3b$, $[\text{SO}_3] = 3c$. При новых концентрациях скорости v' прямой и обратной реакций: $v'_{\text{пр}} = k \cdot (3a)^2 \cdot (3b) = 27 \cdot k \cdot a^2 \cdot b$; $v'_{\text{обр}} = k_1 \cdot (3c)^2 = 9 \cdot k_1 \cdot c^2$. Отсюда

$$\frac{v'_{\text{пр}}}{v_{\text{пр}}} = \frac{k \cdot (3a)^2 \cdot (3b)}{k \cdot a^2 \cdot b} = 27; \quad \frac{v'_{\text{обр}}}{v_{\text{обр}}} = \frac{k_1 \cdot (3c)^2}{k_1 \cdot c^2} = 9.$$

Следовательно, скорость прямой реакции увеличилась в 27 раз, а обратной – только в девять раз. Равновесие системы сместилось в сторону образования SO_3 .

Пример 7. Вычислите, во сколько раз увеличится скорость реакции, протекающей в газовой фазе, при повышении температуры от 30 до 70°C , если температурный коэффициент реакции равен 2.

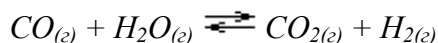
Решение

Зависимость скорости химической реакции от температуры определяется эмпирическим правилом Вант – Гоффа по формуле: $v_{T_2} = v_{T_1} \cdot \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}}$.

$$\frac{v_{T_2}}{v_{T_1}} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}} = 2^{\frac{70 - 30}{10}} = 2^4 = 16$$

Следовательно, скорость реакции v_{T_2} при температуре 70°C больше скорости реакции v_{T_1} при температуре 30°C в 16 раз.

Пример 8. Константа равновесия гомогенной системы:



при 850°C равна 1. Вычислите концентрации всех веществ при равновесии, если исходные концентрации: $C_{\text{CO}} = 3 \text{ моль/л}$, $C_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \text{ моль/л}$.

Решение

При равновесии скорости прямой и обратной реакций равны, а отношение констант этих скоростей постоянно и называется константой равновесия данной системы:

$$v_{\text{пр}} = k_1 \cdot [\text{CO}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]; \quad v_{\text{обр}} = k_2 \cdot [\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2];$$

$$K_c = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2]}{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}$$

В условии задачи даны исходные концентрации, тогда как в выражение K_c входят только равновесные концентрации всех веществ системы. Предположим, что к моменту равновесия концентрация $[\text{CO}_2] = x$ моль/л. Согласно уравнению системы число молей образовавшегося водорода при этом будет также x моль/л. По столько же молей (x моль/л) CO и H_2O расходуется для образования по x молей CO_2 и H_2 . Следовательно, равновесные концентрации всех четырех веществ:

$$[\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = x \text{ моль/л}; [\text{CO}] = (3 - x) \text{ моль/л}; [\text{H}_2\text{O}] = (2 - x) \text{ моль/л}.$$

Зная константу равновесия, находим значение x , а затем исходные концентрации

всех веществ:

$$1 = \frac{x^2}{(3-x) \cdot (2-x)};$$

$$x^2 = 6 - 2x - 3x + x^2; \quad 5x = 6, \quad x = 1,2 \text{ моль/л}.$$

Таким образом, искомые равновесные концентрации: $[\text{CO}_2] = 1,2$ моль/л; $[\text{H}_2] = 1,2$ моль/л; $[\text{CO}] = 3 - 1,2 = 1,8$ моль/л; $[\text{H}_2\text{O}] = 2 - 1,2 = 0,8$ моль/л.

Пример 9. Вычислите температуры кристаллизации и кипения 2% водного раствора глюкозы $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.

Решение

По закону Рауля понижение температуры кристаллизации и повышение температуры кипения раствора (Δt) по сравнению с температурами кристаллизации и кипения растворителя выражаются уравнением:

$$\Delta t = K \cdot C_m(A)$$

где K – криоскопическая или эбуллиоскопическая константа. Для воды они соответственно равны $1,86$ и $0,52^0$; $C_m(A)$ – моляльная концентрация растворенного вещества A , моль/кг. Понижение температуры кристаллизации 2 %-ного раствора $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ находим из формулы (1): $\Delta t = 1,86 \cdot \frac{2}{180 \cdot 0,098} = 0,21^0$; вода кристаллизуется при 0^0C ,

следовательно, температура кристаллизации раствора $t_{\text{зам}}^{p-pa} = 0 - 0,21 = -0,21^0\text{C}$. Из формулы (1) находим и повышение температуры кипения 2%-ного раствора:

$$\Delta t = 0,52 \cdot \frac{2}{180 \cdot 0,098} = 0,06^0; \text{ вода кипит при } 100^0\text{C}, \text{ следовательно, температура кипения}$$

этого раствора: $t_{\text{кин}}^{p-pa} = 100 + 0,06 = 100,06^0\text{C}$.

Пример 10: Определите температуру кипения раствора, содержащего 1,84г нитробензола $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ в 10 г бензола. Эбуллиоскопическая постоянная бензола 2,53. Температура кипения чистого бензола $80,2^0\text{C}$.

Решение

$$\text{По закону Рауля } t_{\text{кин}}^{p-pa} = t_{\text{кин}}^{p-ля} + \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{K_{\text{эб}} \cdot m(A) \cdot 1000}{m_{p-ля} \cdot M} = \frac{2,53 \cdot 1,84 \cdot 1000}{10 \cdot 123} = 3,8^0\text{C}. \quad \text{Температура кипения раствора:}$$

$$t_{\text{кин}} = 80,2 + 3,8 = 84,0^0\text{C}.$$

Пример 11. Раствор, содержащий 1,22 г бензойной кислоты $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ в 100 г сероуглерода, кипит при $46,529^0\text{C}$, температура кипения сероуглерода $46,3^0\text{C}$. Вычислите эбуллиоскопическую константу сероуглерода.

Решение

$$\text{Повышение температуры кипения } \Delta t = 46,529 - 46,3 = 0,229^0.$$

Молярная масса бензойной кислоты 122 г/моль. Из формулы находим эбуллиоскопическую константу:

$$K_{эб} = \frac{\Delta t \cdot M(C_6H_5COOH) \cdot m_{р-ля}}{m(C_6H_5COOH)} = \frac{0,229 \cdot 122 \cdot 0,1}{1,22} = 2,29.$$

Пример 12. Раствор, содержащий 11,04 г глицерина в 800 г воды, кристаллизуется при $-0,279^{\circ}C$. Вычислить молярную массу глицерина.

Решение

Температура кристаллизации чистой воды $0^{\circ}C$, следовательно, понижение температуры кристаллизации $\Delta t = 0 - (-0,279) = 0,279^{\circ}$.

Подставляя в уравнение данные вычисляем молярную массу глицерина:

$$M = K_{к} \cdot \frac{m}{\Delta t \cdot m_{р-ля}} = 1,86 \cdot \frac{11,04}{0,279 \cdot 0,8} = 92 \frac{г}{моль}.$$

Контрольная работа (заочная форма обучения): Поверхностное натяжение. Адсорбция

Пример 1. Вертикальная капиллярная трубки с внутренним радиусом $r = 3 \cdot 10^{-4}$ м погружена в воду на глубину $h = 3$ см. С помощью метода максимального давления пузырька воздуха определите, при каком давлении будет происходить отрыв пузырька от кончика капилляра, если поверхностное натяжение воды σ (H_2O) = $72 \cdot 10^{-3}$ Н/м; плотность воды $\rho(H_2O) = 1 \cdot 10^3$ кг/м³.

Решение. Пузырек воздуха оторвется, когда давление, создаваемое в сосуде, с которым соединен капилляр, станет равно сумме гидростатического столба жидкости, высота которого равна глубине погружения капилляра ($h = 3 \cdot 10^{-2}$ м), и капиллярного давления, действующего на поверхность пузырька:

$$P = h\rho g + 2\sigma/r,$$

где h – глубина погружения капилляра, м; ρ – плотность жидкости, кг/м³; g – ускорение свободного падения, равное $9,8$ м/с²; σ – поверхностное натяжение жидкости на границе с пузырьком, Н/м; r – радиус капилляра, равный в момент отрыва пузырька радиусу кривизны его поверхности; м.

$$P = 3 \cdot 10^{-2} \cdot 10^3 \cdot 9,8 + \frac{2 \cdot 72 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 10^{-4}} = 1254 \text{ Н / м}^2$$

Пример 2. При опускании капилляра в воду ее уровень поднялся на $2,25 \cdot 10^{-2}$ м. Вычислите поверхностное натяжение воды с помощью метода поднятия жидкости в капилляре, если масса столбика ртути, втянутой в капилляр на высоту $7,3 \cdot 10^{-2}$ м, составляет $1,395 \cdot 10^{-3}$ кг. Плотность ртути $13,56 \cdot 10^3$ кг/м³. Плотность воды $\rho(H_2O) = 1 \cdot 10^3$ кг/м³.

Решение. Определяем радиус капилляра. Поскольку капилляр имеет цилиндрическую форму, $V = \pi r^2 h_{Hg}$. С другой стороны, $V = m_{Hg} / \rho_{Hg}$. Следовательно, $m_{Hg} / \rho_{Hg} = \pi r^2 h_{Hg}$.

Отсюда

Поверхностное натяжение воды находим из уравнения:

$$r = \sqrt{\frac{m_{Hg}}{\rho_{Hg} \pi h_{Hg}}} = \sqrt{\frac{1,395 \cdot 10^{-3}}{13,56 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 7,3 \cdot 10^{-2}}} = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$\sigma = \frac{hrg\rho}{2} = \frac{2,25 \cdot 10^{-2} \cdot 6,7 \cdot 10^{-4} \cdot 9,81 \cdot 10^3}{2} = 73,9 \cdot 10^{-3} \text{ Н / м}$$

Пример 3. Константы уравнения Шишковского для водного раствора пропионовой кислоты при 0 °С равны: $A = 12,5 \cdot 10^{-3}$; $B = 7,73$. Определите, при какой концентрации кислоты поверхностное натяжение раствора σ будет равно $73 \cdot 10^{-3}$ Н/м. Поверхностное натяжение воды $\sigma(\text{H}_2\text{O}) = 72,49 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

Решение. Запишем уравнение Шишковского

$$\Delta\sigma = A \cdot 2,3 \cdot \lg(1+BC)$$

После логарифмирования получим

$$\lg(1+BC) = \Delta\sigma / 2,3A;$$

$$\lg(1+BC) = \frac{(75,49 - 73) \cdot 10^{-3}}{12,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3} = 0,08715$$

$$1+BC = 1,222$$

Отсюда $C = (1,222-1)/B = 0,222/7,73 = 0,229$ кмоль/м³

Пример 4. По данным адсорбции CO₂ на активированном угле при температуре 18° С найдите константы уравнения Ленгмюра:

Адсорбция, кмоль/кг·10 ³	70	91	102	107,3	108
Давление, Н/м·10 ⁻³	6,65	13,3	26,6	39,9	53,2

Решение. Значения констант A_∞ и B определяем графически. Для этого воспользуемся уравнением Ленгмюра в линейной форме:

$$1/A = 1/A_\infty + 1/A_\infty B p$$

Далее находим значения $1/A$ и $1/p$:

$(1/A) \cdot 10^{-3}$	14,3	11,0	9,8	9,4	9,3
$(1/p) \cdot 10^3$	0,15	0,075	0,0375	0,025	0,018

Строим график зависимости $1/A = f(1/p)$, представляющий собой прямую, которая не проходит через начало координат и отсекает на оси ординат отрезок, равный $1/A_\infty$.

В нашем случае

$$A_\infty = 1/8 = 0,125 \text{ кмоль/кг} = 125 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль/кг}.$$

Тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс $\text{tg}\alpha = 1/A_\infty B$. По графику находим $\text{tg}\alpha = 43,3 \cdot 10^3$.

Подставив полученные значения в уравнение Ленгмюра, найдем константу B :

$$1/(0,125B) = 43,3 \cdot 10^3$$

$$B = 1/(0,125 \cdot 43,3 \cdot 10^3) = 1/85 \cdot 10^{-4}.$$

Пример 5. Определите удельную активную поверхность S (в $\text{м}^2/\text{г}$) коллоидного никеля по данным адсорбции на нем стеариновой кислоты из раствора в бензоле при комнатной температуре:

Равновесная концентрация стеариновой кислоты; $C \cdot 10^3$ моль/л	0,2	2	3,8	5	6	8	10	14
Адсорбция, $A \cdot 10^5$ моль/г	2	3,6	4	4,3	4,3	4,2	4,4	4,3

Площадь, занимаемая одной молекулой стеариновой кислоты в насыщенном адсорбционном слое S_0 составляет $20,5 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2/\text{моль}$

Решение. Для определения S воспользуемся уравнением:

$$S = A_{\infty} N_A S_0$$

где A_{∞} — предельная адсорбция стеариновой кислоты на данном адсорбенте, моль/г; S_0 — площадь, занимаемая одной молекулой стеариновой кислоты в насыщенном адсорбционном слое, $\text{м}^2/\text{моль}$; N_A — число Авогадро, равное $6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$.

Для определения A_{∞} воспользуемся уравнением Ленгмюра в линейной форме:

$$\frac{C}{A} = \frac{C}{A_{\infty}} + \frac{1}{A_{\infty} B}$$

Построим график зависимости $C/A = f(C)$ и определим A_{∞} как котангенс угла наклона прямой к оси абсцисс ($\text{ctg} \alpha$).

Находим значения C/A :

Равновесная концентрация стеариновой кислоты; $C \cdot 10^3$ моль/л	0,2	2	3,8	5	6	8	10	14
$C/A \cdot 10^{-2}$ г/л	0,1	0,55	0,95	1,16	1,3	1,9	2,2	3,2

По графику зависимости $C/A = f(C)$ $\text{ctg} \alpha = 4,8 \cdot 10^{-5}$; $A_{\infty} = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ моль/г}$. Тогда $S = 4,8 \cdot 10^{-5} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 20,5 \cdot 10^{-16} = 5,92 \cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{г} = 5,92 \text{ м}^2/\text{г}$.

Расчетно-графическая работа (дневная форма обучения):

Адсорбция газообразных и растворенных веществ на твердой поверхности

Пример 1. По данным адсорбции CO_2 на активированном угле при температуре 18°C найдите константы уравнения Ленгмюра:

Адсорбция, $\text{кмоль/кг} \cdot 10^3$	70	91	102	107,3	108
Давление, $\text{Н/м} \cdot 10^{-3}$	6,65	13,3	26,6	39,9	53,2

Решение. Значения констант A_{∞} и B определяем графически. Для этого воспользуемся уравнением Ленгмюра в линейной форме:

$$1/A = 1/A + 1/A_{\infty} B p$$

Далее находим значения $1/A$ и $1/p$:

$(1/A) \cdot 10^{-3}$	14,3	11,0	9,8	9,4	9,3
$(1/p) \cdot 10^3$	0,15	0,075	0,0375	0,025	0,018

Строим график зависимости $1/A=f(1/p)$, представляющий собой прямую, которая не проходит через начало координат и отсекает на оси ординат отрезок, равный $1/A_{\infty}$.

В нашем случае

$$A_{\infty} = 1/8 = 0,125 \text{ кмоль/кг} = 125 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль/кг.}$$

Тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс $\text{tg} \alpha = 1/A_{\infty} B$. По графику находим $\text{tg} \alpha = 43,3 \cdot 10^3$.

Подставив полученные значения в уравнение Ленгмюра, найдем константу B :

$$1/(0,125B) = 43,3 \cdot 10^3$$

$$B = 1/(0,125 \cdot 43,3 \cdot 10^3) = 1/85 \cdot 10^{-4}.$$

Пример 2. Определите удельную активную поверхность S (в $\text{м}^2/\text{г}$) коллоидного никеля по данным адсорбции на нем стеариновой кислоты из раствора в бензоле при комнатной температуре:

Равновесная концентрация стеариновой кислоты; $C \cdot 10^3$ моль/л	0,2	2	3,8	5	6	8	10	14
Адсорбция, $A \cdot 10^5$ моль/г	2	3,6	4	4,3	4,3	4,2	4,4	4,3

Площадь, занимаемая одной молекулой стеариновой кислоты в насыщенном адсорбционном слое S_0 составляет $20,5 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2/\text{моль}$

Решение. Для определения S воспользуемся уравнением:

$$S = A_{\infty} N_A S_0$$

где A_{∞} — предельная адсорбция стеариновой кислоты на данном адсорбенте, моль/г; S_0 — площадь, занимаемая одной молекулой стеариновой кислоты в насыщенном адсорбционном слое, $\text{м}^2/\text{моль}$; N_A — число Авогадро, равное $6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$.

Для определения A_{∞} воспользуемся уравнением Ленгмюра в линейной форме:

$$\frac{C}{A} = \frac{C}{A_{\infty}} + \frac{1}{A_{\infty} B}$$

Построим график зависимости $C/A = f(C)$ и определим A_{∞} как котангенс угла наклона прямой к оси абсцисс ($\text{ctg} \alpha$).

Находим значения C/A :

Равновесная концентрация стеариновой кислоты; $C \cdot 10^3$ моль/л	0,2	2	3,8	5	6	8	10	14
$C/A \cdot 10^{-2} \text{ г/л}$	0,1	0,55	0,95	1,16	1,3	1,9	2,2	3,2

По графику зависимости $C/A = f(C)$ $\text{ctg} \alpha = 4,8 \cdot 10^{-5}$; $A_{\infty} = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ моль/г}$. Тогда $S = 4,8 \cdot 10^{-5} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 20,5 \cdot 10^{-16} = 5,92 \cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{г} = 5,92 \text{ м}^2/\text{г}$.

Пример 3. Определите константы уравнения изотермы адсорбции Ленгмюра для растворов гексилового и гептилового спиртов. Выполняется ли правило Дюкло - Траубе в этом случае? Зависимости адсорбции этих соединений от концентрации приведены в таблице:

Гексиловый спирт		Гептиловый спирт	
$C \cdot 10^3$, кмоль/м ³	$A \cdot 10^{10}$, кмоль/м ²	$C \cdot 10^3$, кмоль/м ³	$A \cdot 10^{10}$, кмоль/м ²
0,935	8,75	0,384	11,1
1,875	17,35	0,5	14,5
3,1	25,1	0,655	18,2
5,55	37,8	1,25	27,8
11,05	56,5	2,6	49,2

Решение. В координатах $1/A - 1/C$ изотерма адсорбции Ленгмюра представляет собой прямую, уравнение которой можно представить в виде:

Отрезок OA , отсекаемый прямой на оси ординат, равен $1/A_\infty$, а угловой коэффициент (т.е.

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_\infty} + \frac{1}{A_\infty B} \frac{1}{C}$$

тангенс угла наклона к оси абсцисс), равен $1/(A_\infty B)$.

Построив график в координатах $1/A - 1/C$, найдем угловые коэффициенты соответствующих прямых: они равны $0,9 \cdot 10^7$ и $0,3 \cdot 10^7$ соответственно:

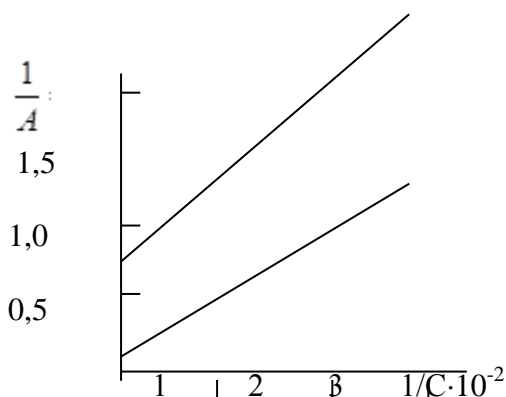
$$\text{tg}\alpha(\text{гексиловый спирт}) = 0,9 \cdot 10^7$$

$$\text{tg}\alpha(\text{гептиловый спирт}) = 0,3 \cdot 10^7$$

Далее для определения максимальной адсорбции A_∞ решаем систему уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} OA = 1/A_\infty \\ \text{tg}\alpha = 1/(A_\infty B) \end{array} \right.$$

Отсюда находят коэффициенты в уравнении Ленгмюра. Для гексилового спирта - $A_\infty = 1 \cdot 10^{-8}$; $B = 1,1 \cdot 10^{-7}$. Для гептилового спирта - $A_\infty = 1 \cdot 10^{-8}$; $B = 3,3 \cdot 10^{-7}$.



Графическое определение констант в уравнении Ленгмюра.

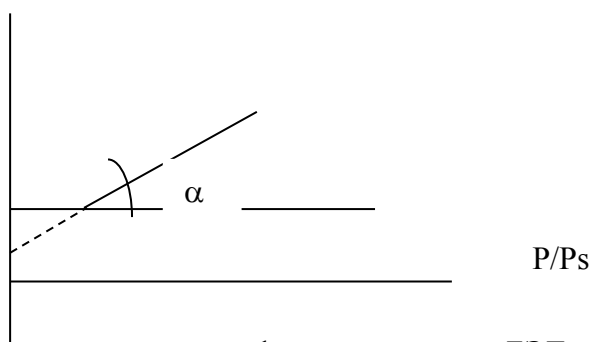
Константа "B" при переходе от гексилового спирта к гептиловому увеличивается в 3 раза. Следовательно, правило Дюкло - Траубе выполняется.

Пример 4. По уравнению БЭТ рассчитайте удельную поверхность адсорбента по изотерме адсорбции бензола на твердой поверхности ($S_0 = 49 \cdot 10^{-20}$ м), используя следующие данные:

P/P_s	0,024	0,08	0,14	0,2	0,266	0,35	0,46
$A \cdot 10^8$, кмоль/кг	0,0149	0,0348	0,0472	0,0568	0,0668	0,0798	0,108
$\frac{(P/P_s) \cdot 10^3}{A(1-P/P_s)}$	0,65	2,5	3,45	4,39	5,45	6,78	8,5

Решение. По приведенным данным строим график зависимости $\frac{(P/P_s) \cdot 10^3}{A(1-P/P_s)} = f(P/P_s)$

$$\frac{(P/P_s) \cdot 10^3}{A(1-P/P_s)}$$



Изотерма адсорбции в координатах линейной формы уравнения БЭТ

По графику находим отрезок OA и тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс ($\operatorname{tg} \alpha$):

$$OA = 1/(A_\infty K) = 1,25 \cdot 10^{-3}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = (K-1)/(A_\infty K) = 15,9 \cdot 10^{-3}$$

Далее решаем систему уравнений

$$\begin{cases} 1/A_\infty K = 1,25 \cdot 10^{-3}, \\ (K-1)/A_\infty K = 15,9 \cdot 10^{-3} \end{cases}$$

и находим $K=13,65$ и $A_\infty = 4,89 \cdot 10^{-3}$ кмоль/кг.

Удельную поверхность рассчитываем по формуле:

$$S_{\text{уд.}} = A_\infty S_0 N_A = 4,89 \cdot 10^{-5} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 49 \cdot 10^{-20} = 14,4 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{кг.}$$

Пример 5. По данным адсорбции стеариновой кислоты из раствора в бензоле при комнатной температуре определите удельную активную поверхность S (в $\text{м}^2/\text{г}$) коллоидного никеля:

Равновесная концентрация стеариновой кислоты; $C \cdot 10^3$ моль/л	0,2	2	3,8	5	6	8	10	14
Адсорбция, $A \cdot 10^5$ моль/г	2	3,6	4	4,3	4,3	4,2	4,4	4,3

Площадь, занимаемая одной молекулой стеариновой кислоты в насыщенном адсорбционном слое S_0 составляет $20,5 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2/\text{моль}$

Решение. Для определения S воспользуемся уравнением:

$$S = A_\infty N_A S_0$$

где A_∞ — предельная адсорбция стеариновой кислоты на данном адсорбенте, моль/г; S_0 — площадь, занимаемая одной молекулой стеариновой кислоты в насыщенном адсорбционном слое, м²/моль; N_A — число Авогадро, равное $6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.

Для определения A_∞ воспользуемся уравнением Ленгмюра в линейной форме:

$$\frac{C}{A} = \frac{C}{A_\infty} + \frac{1}{A_\infty B}$$

Построим график зависимости $C/A = f(C)$ и определим A_∞ как котангенс угла наклона прямой к оси абсцисс ($\text{ctg}\alpha$).

Находим значения C/A :

Равновесная концентрация стеариновой кислоты; $C \cdot 10^3$ моль/л	0,2	2	3,8	5	6	8	10	14
$C/A \cdot 10^{-2}$ г/л	0,1	0,55	0,95	1,16	1,3	1,9	2,2	3,2

По графику зависимости $C/A = f(C)$ $\text{ctg}\alpha$. $\text{ctg}\alpha = 4,8 \cdot 10^{-5}$; $A_\infty = 4,8 \cdot 10^{-5}$ моль/г. Тогда $S = 4,8 \cdot 10^{-5} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 20,5 \cdot 10^{-16} = 5,92 \cdot 10^4$ см²/г = $5,92$ м²/г.

Типовые варианты контрольной работы

Контрольная работа:

Химическая термодинамика. Химическая кинетика. Растворы

Вариант

1. При сгорании 1 дм³ ацетилена (н.у.) выделяется 56,053 кДж теплоты. Напишите термохимическое уравнение реакции, в результате которой образуются пары воды и диоксид углерода. Вычислите теплоту образования $C_2H_{2(g)}$.
2. Реакция идет по уравнению $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$. Концентрации участвующих в ней веществ были: $C_{N_2} = 0,80$ моль/л; $C_{H_2} = 1,5$ моль/л; $C_{NH_3} = 0,10$ моль/л. Вычислите концентрацию водорода и аммиака, когда $[N_2] = 0,5$ моль/л.
3. Раствор, содержащий 0,512 г неэлектролита в 100 г бензола, кристаллизуется при $5,296^\circ\text{C}$. Температура кристаллизации бензола $5,5^\circ\text{C}$. Криоскопическая константа $5,1^\circ$. Вычислите молярную массу растворенного вещества.

Вариант

1. При получении эквивалентной массы гидроксида кальция из $CaO_{(к)}$ и $H_2O_{(ж)}$ выделяется 32,53 кДж теплоты. Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите теплоту образования оксида кальция.
2. Реакция идет по уравнению $H_2 + I_2 = 2HI$. Константа скорости этой реакции при некоторой температуре равна 0,16. Исходные концентрации реагирующих веществ: $C_{H_2} = 0,04$ моль/л; $C_{I_2} = 0,05$ моль/л. Вычислите начальную скорость реакции и ее скорость, когда $[H_2] = 0,03$ моль/л.
3. Вычислите массовую долю водного раствора глицерина $C_3H_5(OH)_3$, зная, что этот раствор кипит при $100,39^\circ\text{C}$. Эбуллиоскопическая константа воды $0,52^\circ$.

Вариант

1. Определите стандартную энтальпию ($\Delta_f H^\circ_{298}$) образования PH_3 , исходя из уравнения $2\text{PH}_{3(r)} + 4\text{O}_{2(r)} = \text{P}_2\text{O}_{5(к)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(ж)}$, $\Delta_r H^\circ_{298} = -2360$ кДж.
2. Вычислите, во сколько раз уменьшится скорость реакции, протекающей в газовой фазе, если понизить температуру от 120 до 80°C. Температурный коэффициент скорости реакции 3.
3. Вычислите массовую долю водного раствора сахара $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, зная, что температура кристаллизации раствора $-0,93$ °C. Криоскопическая константа воды $1,86^0$.

Контрольная работа: Поверхностное натяжение. Адсорбция.

Вариант

1. При исследовании поверхностной активности растворов уксусной кислоты при 20°C были получены следующие данные:

Концентрация кислоты С, кмоль/м ³	0,001	0,01	0,1	0,5	1,0
Поверхностное натяжение $\sigma \cdot 10^3$, Н/м	73,26	70,02	66,88	61,66	57,28

Найдите адсорбцию и площадь, занимаемую одной молекулой уксусной кислоты в адсорбционном слое, при различных концентрациях.

2. Определите постоянные уравнения Фрейндлиха, используя следующие данные для адсорбции углекислого газа на кокосовой скорлупе при 231 К:

$P, \text{Па} \cdot 10^{-3}$	1,000	4,480	10,000	14,40	25,0	45,2
$A \cdot 10^{-2}$, кг/кг*	3,23	6,67	9,62	11,72	14,50	17,7

3. Используя экспериментальные данные, полученные при изучении адсорбции азота на древесном угле, определите константы в уравнении Ленгмюра графическим способом

$P \cdot 10^{-5}$ Н/м	1,61	8,55	7,4	12,06
A , кг/кг	0,150	0,163	0,191	0,199

Вариант

1. При температуре 263 К зависимость поверхностного натяжения от концентрации водного раствора пропилового спирта выражается уравнением Шишковского $\sigma = \sigma_0 - 14,4 \cdot 10^3 \ln(1+6,6C)$. Определите адсорбцию пропилового спирта на поверхности раздела водный раствор – воздух при концентрации 0,25 кмоль/м³.
2. При адсорбции CO_2 на активированном угле были получены следующие данные:

$P \cdot 10^{-2}$ Н/м ²	9,9	49,7	99,8	200
$\Gamma \cdot 10^{-3}$ кг/кг	32,0	70,0	91,0	102

Графически определите константы в уравнении Ленгмюра, пользуясь которыми рассчитайте и постройте изотерму адсорбции.

2. По приведенным данным пользуясь уравнением БЭТ рассчитать $S_{уд.}$ адсорбента, если $S_0 = 49 \cdot 10^{-20}$.

P/P_s	0,02	0,05	0,11	0,19	0,25	0,3	0,36
$A \cdot 10^{-5}$, кмоль/кг	1,04	1,96	2,98	3,87	4,43	4,88	5,5

Вариант

1. По константам уравнения Шишковского $A = 12,8 \cdot 10^{-3}$ и $B = 7,16$ вычислите поверхностную активность пропионовой кислоты при 293 К и концентрации $0,55$ кмоль/м³.
2. По приведенным ниже опытным данным, полученным при определении адсорбции NO₂ на древесном угле, графически определите постоянные уравнения Ленгмюра. По ним рассчитайте и постройте кривую адсорбции.

$P \cdot 10^{-5}$ н/м ²	1,9	5,88	12,06	16,82
Γ , кг/кг	0,160	0,189	0,199	0,2

2. Определите константы в уравнении Фрейндлиха, используя данные об адсорбции диоксида углерода на активированном угле при 293 К:

$P \cdot 10^{-3}$, Па	1,00	4,48	10,00	14,4	25,0	45,2
$A \cdot 10^3$ кг/кг	3,23	6,67	9,02	11,72	14,50	17,70

Вариант

1. Зависимость поверхностного натяжения водных растворов амилового спирта C₅H₁₁OH от концентрации при 25°C приведена в таблице:

C , кмоль/м ³	0	0,0019	0,0038	0,0075	0,015	0,03	0,06	0,12
σ , мН/м	72,0	70,4	69,2	66,7	61,7	55,3	46,6	38,0

Определите графическим методом адсорбцию амилового спирта из раствора концентрацией $0,03$ кмоль/м³.

2. По приведенным данным пользуясь уравнением БЭТ рассчитать $S_{уд}$ адсорбента, если $S_0 = 49 \cdot 10^{-20}$.

P/P_s	0,03	0,07	0,12	0,17	0,24	0,31	0,38
$A \cdot 10^{-5}$ кмоль/кг	1,196	3,04	3,73	4,23	4,88	5,51	6,25

3. По приведенным ниже данным об адсорбции паров воды макропористым силикагелем при комнатной температуре, пользуясь уравнением Ленгмюра, определите предельную емкость силикагеля:

$P \cdot 10^{-2}$, Па	3,04	4,68	7,72	11,69	14,03	17,77
$A \cdot 10^{-5}$ моль/кг	4,44	6,28	9,22	11,67	13,22	14,89

Типовые варианты расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа:

Адсорбция газообразных и растворенных веществ на твердой поверхности

Вариант

1. Определите постоянные уравнения Фрейндлиха, используя следующие данные для адсорбции углекислого газа на кокосовой скорлупе при 231 К:

P , Па $\cdot 10^{-3}$	1,000	4,480	10,000	14,40	25,0	45,2
$A \cdot 10^{-2}$, кг/кг*	3,23	6,67	9,62	11,72	14,50	17,7

2. Используя экспериментальные данные, полученные при изучении адсорбции азота на древесном угле, определите константы в уравнении Ленгмюра графическим способом

$P \cdot 10^{-5}$ Н/м	1,61	8,55	7,4	12,06
A, кг/кг	0,150	0,163	0,191	0,199

Вариант

1. При адсорбции CO_2 на активированном угле были получены следующие данные:

$P \cdot 10^{-2}$ Н/м ²	9,9	49,7	99,8	200
$\Gamma \cdot 10^{-3}$ кг/кг	32,0	70,0	91,0	102

Графически определите константы в уравнении Ленгмюра, пользуясь которыми рассчитайте и постройте изотерму адсорбции.

2. По приведенным данным пользуясь уравнением БЭТ рассчитать $S_{уд.}$ адсорбента, если $S_0=49 \cdot 10^{-20}$.

P/Ps	0,02	0,05	0,11	0,19	0,25	0,3	0,36
$A \cdot 10^{-5}$, кмоль/кг	1,04	1,96	2,98	3,87	4,43	4,88	5,5

Вариант

1. По приведенным ниже опытным данным, полученным при определении адсорбции NO_2 на древесном угле, графически определите постоянные уравнения Ленгмюра. По ним рассчитайте и постройте кривую адсорбции.

$P \cdot 10^{-5}$ н/м ²	1,9	5,88	12,06	16,82
Γ , кг/кг	0,160	0,189	0,199	0,2

2. Определите константы в уравнении Фрейндлиха, используя данные об адсорбции диоксида углерода на активированном угле при 293 К:

$P \cdot 10^{-3}$, Па	1,00	4,48	10,00	14,4	25,0	45,2
$A \cdot 10^3$ кг/кг	3,23	6,67	9,02	11,72	14,50	17,70

Вариант

1. По приведенным данным пользуясь уравнением БЭТ рассчитать $S_{уд.}$ адсорбента, если $S_0=49 \cdot 10^{-20}$.

P/Ps	0,03	0,07	0,12	0,17	0,24	0,31	0,38
$A \cdot 10^{-5}$ кмоль/кг	1,196	3,04	3,73	4,23	4,88	5,51	6,25

2. По приведенным ниже данным об адсорбции паров воды макропористым силикагелем при комнатной температуре, пользуясь уравнением Ленгмюра, определите предельную емкость силикагеля:

$P \cdot 10^{-2}$, Па	3,04	4,68	7,72	11,69	14,03	17,77
$A \cdot 10^{-5}$ моль/кг	4,44	6,28	9,22	11,67	13,22	14,89