

Министерство образования и науки Пермского края
ГБПОУ «Уральский химико-технологический колледж»



ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Методические указания для обучающихся заочно
в системе среднего профессионального образования по специальности
18.02.06 Химическая технология органических веществ

Губаха, 2017 год

Рассмотрено и одобрено
на заседании ПЦК

№ __ от _____ 20__ г.

Председатель ПЦК

Специальностей 18.02.06; 15.02.07.

_____ С.В. Ваганова

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по УР

_____ И.В. Шлегель

«__» _____ 20__ г.

Методические указания по учебной дисциплине «Физическая и коллоидная химия» для обучающихся заочно в системе среднего профессионального образования по специальности 18.02.06 Химическая технология органических веществ. /Сост. С.В. Ваганова – Губаха: УХТК, 2017 – 57 с.

Методические указания содержат материалы для самостоятельного освоения студентами – заочниками учебной дисциплины «Физическая и коллоидная химия» и контроля степени его усвоения.

Организация-разработчик: ГБПОУ «Уральский химико-технологический колледж»

Разработчик: Ваганова Светлана Васильевна, высшая квалификационная категория, Почетный работник СПО

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Пояснительная записка	4
1. Тематический план и содержание учебной дисциплины Физическая и коллоидная химия	8
2. Методические указания по изучению учебного материала по темам	13
3. Методические рекомендации по выполнению и оформлению контрольных работ	24
4. Задания на контрольную работу	26
4.1 Методические указания к решению задач и выполнению задания №1 «Термодинамика химических реакций»	26
4.1.1 Задание № 1 «Термодинамика химических реакций»	30
4.1.2 Таблица вариантов к заданию № 1	31
4.2 Методические указания к решению задач и выполнению задания №2 «Теплоемкость газов и твердых тел»	32
4.2.1 Задание № 2 «Теплоемкость газов и твердых тел»	34
4.3 Методические указания к решению задач и выполнению задания №3 «Элементы термодинамики пара»	36
4.3.1 Задание №3 «Элементы термодинамики пара»	38
4.3.2 Таблица вариантов к заданию № 3	38
5. Перечень вопросов для подготовки к экзамену	40
6. Перечень рекомендуемых учебных изданий, интернет-ресурсов, дополнительной литературы	43
Приложения 1 «Энтальпия образования веществ, стандартные энтропии и температурные коэффициенты в уравнении теплоемкости	45

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания составлены на основе рабочей программы учебной дисциплины «Физическая и коллоидная химия», которая является частью рабочей основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности СПО 18.02.06 Химическая технология органических веществ и может быть использована в дополнительном профессиональном образовании (в программах повышения квалификации и переподготовки) и профессиональной подготовке специалистов в области химической технологии органических веществ, профессиональной подготовке специалистов в области производства и глубокой переработки метанола, а также в части освоения основного вида профессиональной деятельности (ВПД).

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен уметь:

- выполнять расчеты электродных потенциалов, электродвижущей силы (Э.Д.С.) гальванических элементов;
- находить в справочной литературе показатели физико-химических свойств веществ и их соединений;
- определять концентрацию реагирующих веществ и скорость реакций;
- строить фазовые диаграммы;
- производить расчеты: параметров газовых смесей, кинетических параметров химических реакций, химического равновесия;
- рассчитывать тепловые эффекты и скорость химических реакций;
- определять параметры каталитических реакций.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **знать**:

- закономерности протекания химических и физико-химических процессов;
- законы идеальных газов;
- механизм действия катализаторов;
- механизмы гомогенных и гетерогенных реакций;
- основы физической и коллоидной химии, химической кинетики, электрохимии, химической термодинамики и термохимии;
- основные методы интенсификации физико-химических процессов;
- свойства агрегатных состояний веществ;

- сущность и механизм катализа;
- схемы реакций замещения и присоединения;
- условия химического равновесия;
- физико-химические методы анализа веществ, применяемые приборы;
- физико-химические свойства сырьевых материалов и продуктов.

В процессе освоения дисциплины у обучающихся формируются общие компетенции (ОК), включающие в себя способность:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Содержание дисциплины ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессиональных модулей ОПОП по специальности 18.02.06 Химическая тех-

нология органических веществ и овладение профессиональными компетенциями (ПК):

ПК 2.1. Подготавливать исходное сырье и материалы.

ПК 2.2. Поддерживать заданные параметры технологического процесса с помощью контрольно-измерительных приборов и результатов аналитического контроля.

ПК 2.3. Выполнять требования промышленной и экологической безопасности и охраны труда.

ПК 2.4. Рассчитывать технико-экономические показатели технологического процесса.

ПК 2.5. Соблюдать нормативы образования газовых выбросов, сточных вод и отходов производства.

Физическая и коллоидная химия относятся к числу фундаментальных дисциплин и являются теоретической основой для повседневной практической деятельности химика.

Физическая химия как наука лежит на границе физики, изучающей главным образом энергию и ее превращения, и химии, изучающей вещества и их превращения. Эта наука, используя фундаментальные законы физики, изучает процессы, связанные с превращением вещества и энергии. Физическая химия исследует свойства растворов и неэлектролитов, фазовые равновесия, химические равновесия и термодинамику, скорость (химическая кинетика) и механизм химических реакций, строение вещества, катализ, электрохимию и т. д. А также рассматривает влияние на системы внешних воздействий.

Предметом изучения и основными задачами физической химии являются предсказание временного хода химического процесса и конечного результата (состояния равновесия) в различных условиях на основании данных о строении и свойствах частиц веществ, составляющих изучаемую систему.

Коллоидная химия, используя законы физики и физической химии, изучает системы, в которых мелко раздробленные частицы одного вещества распределены (диспергированы) в среде другого вещества.

Изучение дисциплины «Физическая и коллоидная химия» способствует переходу от описательного восприятия физико-химических данных к количественным пред-

ставлениям, к предсказанию протекающих процессов в коллоидных и других системах.

Программа изучения дисциплины должна обеспечить приобретение знаний, умений и навыков в соответствии с Государственным стандартом среднего специального образования по направлению подготовки дипломированных специалистов 18.02.06 Химическая технология органических веществ.

Цель дисциплины – дать студентам теоретические знания и практические навыки решения ситуационных задач при прогнозировании термодинамической возможности протекания процесса в заданных условиях, помочь разобраться студентам в основных способах оценки полноты прохождения процесса, оценки особенностей равновесия в гетерогенных системах, в методах и приемах оценки кинетических возможностей процессов и влияние на их скорость различных факторов.

Практические занятия нацелены на освоение эффективных приемов и методов решения термодинамических, кинетических и ситуационных задач, а также на развитие творческого, системного и стратегического мышления.

Самостоятельная работа студентов включает изучение и выполнение заданий, связанных с интерпретацией, анализом и обобщением информации, полученной из первоисточников или из учебных материалов; передачу информации (подготовка и защита практических и лабораторных работ, презентаций MS PowerPoint к учебному материалу); составлением библиографического списка по теме (разделу), составлением глоссария, решение ситуационных задач, подготовку конспекта на основе изучения производственных ситуаций из практики).

Формы контроля знаний студентов по данной дисциплине:

- текущий контроль и оценка результатов освоения курса «Физическая и коллоидная химия» осуществляется преподавателем в процессе проведения и защиты практических работ, письменного или тестового опроса;
- промежуточный контроль и оценка результатов освоения дисциплины «Физическая и коллоидная химия» осуществляется преподавателем в процессе проведения практических и лабораторных занятий, тестирования, а также выполнения обучающимися индивидуальных расчетных заданий (предусмотрена 1 контрольная работа) и экзамена.

1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ»

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические работы, самостоятельная работа обучающихся	
1	2	
МОДУЛЬ 1 «ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»		
Блок №1 «Молекулярно-кинетическая теория агрегатных состояний вещества»	Содержание учебного материала	
	1	Газообразное состояние. Идеальный газ.
	2	Основные газовые законы. Реальные газы. Газовые смеси. Сжижение газов.
	3	Жидкое состояние вещества.
	4	Твердое состояние вещества. Плазма.
	5	Практическая работа № 1 «Расчеты параметров газов и газовых смесей».
	6	Практическая работа № 2 «Расчеты параметров жидких веществ».
	7	Лабораторная работа № 1 «Определение плотности, поверхностного натяжения жидкости и растворов жидкостей»
	8	Лабораторная работа № 2 «Определение характеристик жидкостей (вязкости), влияние температуры и концентрации на вязкость жидкости»
	<p><i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> <i>Проработать конспект лекции, составить Глоссарий формул и терминов.</i> <i>Составить таблицу сравнения свойств идеального и реального газов.</i> <i>Решить задачи № 14-18 (с.26)</i> <i>Ответить на вопросы с.26 в. 10-11.</i> <i>Составить таблицу сравнения свойств кристаллических и аморфных состояний вещества, с.26 в. 12-13.</i> <i>Выполнение индивидуальных расчетных заданий.</i> <i>Самостоятельное выполнение экспериментов, занесение результатов в таблицу, расчет, представление отчетов по практическим и лабораторным работам.</i> <i>Проработать специальную литературу и Интернет-источники.</i></p>	
Блок № 2 « Первый закон термодинамики. Термохимия»	Содержание учебного материала	
	1	Термодинамика. Основные понятия и определения.
	2	Закон сохранения энергии. Первый закон термодинамики. Энтальпия.
	3	Теплоемкость газов. Формула Майера. Коэффициент Пуансона.
	4	Работа расширения. Термохимия. Тепловой эффект реакции. Термохимические уравнения.
	5	Теплоты растворения, нейтрализации, разложения, образования, сгорания. Закон Гесса. Формула Коновалова. Закон Кирхгофа.
	6	Практическая работа №3 «Расчеты изменения энтальпии, тепловых эффектов реакций».
	7	Практическая работа № 4 «Расчеты теплоемкости».
	8	Лабораторная работа № 3 «Калориметрическое определение удельной теплоты растворения соли, молярной теплоты нейтрализации».
	<p><i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> <i>Проработать конспект лекции, составить Глоссарий формул и терминов, с.69 в. 1-4..</i> <i>Составить кроссворд «Основные понятия и термины термодинамики»</i> <i>Представить графическую зависимость теплоемкости от температур.</i> <i>Ответить на вопросы и решить задачи с 69 -№ 1-4, 9, 26-29.</i> <i>Выполнение тестовых заданий «Законы термохимии»</i> <i>Выполнение индивидуальных расчетных заданий.</i></p>	

	<i>Самостоятельное выполнение экспериментов, занесение результатов в таблицу, расчет, представление отчетов по практическим и лабораторным работам. Проработать специальную литературу и Интернет-источники.</i>	
Блок № 3 «Второй закон термодинамики»	Содержание учебного материала	
	1	Второй закон термодинамики, его сущность. Факторы интенсивности и экстенсивности. КПД цикла Карно.
	2	Энтропия. Диаграмма $T - S$.
	3	Свободная энергия системы. Изобарно-изотермический и изохорно-изотермический потенциалы.
	4	Принцип минимума свободной энергии. Пределы протекания самопроизвольных процессов в изолированных системах.
	5	Практическая работа № 5 «Расчет энтропии, стандартной энергии по Гиббсу и Гельмгольцу»
	<i>Самостоятельная работа обучающихся: Проработать конспект лекции, составить Глоссарий формул и терминов. Ответить на вопросы КЛ № 3 «Второй закон термодинамики» Анализ диаграммы $T-S$, цикла Карно: схема, условия самопроизвольного протекания ТДС Выполнение словарных диктантов. Расчет потенциалов, энтропии. Выполнение расчетной домашней работы № 1. Выполнение индивидуальных расчетных заданий. Самостоятельное выполнение расчетов, представление отчетов по практической работе. Проработать специальную литературу и Интернет-источники.</i>	
Блок № 4 «Элементы термодинамики пара»	Содержание учебного материала	
	1	Характеристики и параметры состояния влажного, сухого, насыщенного, перегретого пара.
	2	Способы расчета основных свойств. Значение диаграмм: $T-S$, $I-S$ ($H-S$).
	3	Практическая работа № 6 «Расчет термодинамических свойств пара по формулам и уравнениям. Определение количества тепла, заданной массы пара известных параметров».
	<i>Самостоятельная работа обучающихся: Проработать конспект лекции, составить Глоссарий формул и терминов. Ответить на вопросы КЛ № 4 Анализ диаграммы $T-S$, $H-S$. Выполнение тестовых заданий. Самостоятельное выполнение расчетов, представление отчетов по практической работе. Проработать специальную литературу и Интернет-источники.</i>	
Блок № 5 «Химическая кинетика»	Содержание учебного материала	
	1	Скорость химической реакции. Закон действия масс. Константа скорости реакции. Факторы, влияющие на скорость реакции. Правило Вант-Гоффа.
	2	Классификация реакций по молекулярности и порядку. Кинетические уравнения реакций 1-го и 2-го порядка. Период полураспада.
	3	Активные молекулы. Потенциальный барьер. Энергия активации. Уравнение Аррениуса.
	4	Практическая работа № 7 «Расчеты кинетических параметров реакций и энергии активации»
	5	Цепные реакции. Работы Н.Н.Семёнова. Фотохимические и радиационно-химические процессы.
	6	Лабораторная работа № 4 «Определение константы скорости и энергии активации реакции йодирования ацетона»
	<i>Самостоятельная работа обучающихся: Проработать конспект лекции, составить Глоссарий формул и терминов. Ответить на вопросы и решить задачи КЛ № 6 (№ 1-9, задачи № 10-14).</i>	

	<p><i>Анализ диаграммы T-S, H-S.</i> <i>Выполнение тестовых заданий.</i> <i>Расчеты константы скорости и энергии активации реакций.</i> <i>Самостоятельное выполнение экспериментов, занесение результатов в таблицу, расчет, представление отчетов по практическим и лабораторным работам.</i> <i>Проработать специальную литературу и Интернет-источники.</i> <i>Выполнение расчетной домашней работы № 1.</i></p>	
Блок № 6 «Катализ»	Содержание учебного материала	
	1	Поверхностные явления. Особенности сорбции, влияние на него различных факторов.
	2	Адсорбция на твердых сорбентах. Теория Ленгмюра. Изотермы адсорбции.
	3	Ионообменная адсорбция. Хроматография.
	4	Катализ.
<p><i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> <i>Проработать конспект лекции, составить Глоссарий формул и терминов.</i> <i>Ответить на вопросы КЛ № 6 (№ 1-9, задачи № 10-14)</i> <i>Выполнение тестовых заданий.</i> <i>Анализ Изотермы адсорбции.</i> <i>Составление таблицы сравнения методов хроматографии.</i> <i>Составление таблицы сравнения катализа.</i> <i>Проработать специальную литературу и Интернет-источники.</i> <i>Написание реферата на тему «Особенности хроматографии», «Ионообменная адсорбция», «Способы получения катализаторов»</i></p>		
Блок № 7 «Химическое равновесие»	Содержание учебного материала	
	1	Обратимость химических реакций. Константа равновесия реакции. Факторы, влияющие на равновесие. Принцип Ле-Шателье.
	2	Реакционная способность системы. Стандартная энергия Гиббса и Гельмгольца. Уравнения изобары и изотермы. Определение оптимальных условий реакций.
	3	Практическая работа № 8 «Определение констант равновесия исходных и равновесных концентраций веществ»
	4	Практическая работа № 9 «Расчеты определения полезной работы реакций»
	5	Лабораторная работа № 5 «Изучение равновесия гомогенной химической реакции в растворе»
<p><i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> <i>Проработать конспект лекции, составить Глоссарий формул и терминов.</i> <i>Ответить на вопросы и решить задачи КЛ № 7(1-3, 6, 7, 9, задачи - № 10 - 14).</i> <i>Выполнение тестовых заданий.</i> <i>Решение производственных ситуаций (применение принципа Ле-Шателье)</i> <i>Анализ уравнений изобары и изотермы для реакций.</i> <i>Выполнение расчетов констант равновесия исходных и равновесных концентраций веществ по индивидуальным заданиям.</i> <i>Самостоятельное выполнение экспериментов, занесение результатов в таблицу, расчет, представление отчетов по практическим и лабораторным работам.</i> <i>Проработать специальную литературу и Интернет-источники.</i></p>		
Блок № 8 «Фазовое равновесие»	Содержание учебного материала	
	1	Основные понятия фазового равновесия. Правило Гиббса.
	2	Диаграммы состояния одно- и двухкомпонентных систем. Анализ диаграмм.
	3	Вводно-солевые системы. Криогидратная точка.
<p><i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> <i>Проработать конспект лекции, составить Глоссарий формул и терминов.</i> <i>Выполнение тестовых заданий.</i> <i>Объяснить применение Правила Гиббса для системы, на которую из внешних</i></p>		

	<p><i>факторов влияют только температура и давление.</i> <i>Анализ диаграмм состояния одно- и двухкомпонентных систем</i> <i>Ответить на вопросы КЛ № 8 № 1,2,4,6,7</i></p>	
Блок № 9 «Растворы»	Содержание учебного материала	
	1	Процесс растворения. Сольватная теория растворов Д.И. Менделеева.
	2	Коллигативные свойства растворов. Осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа.
	3	Изотонический коэффициент. Равновесие в системе «пар-раствор». Первый закон Рауля. Второй закон Рауля. Закон Рауля-Дальтона.
	4	Первый и второй законы Коновалова.
	5	Закон распределения Нернста-Шилова. Законы Генри и Генри-Дальтона.
	6	Практическая работа № 10 «Расчеты коллигативных свойств растворов: состав смеси и процессов перегонки бинарных смесей»
	7	Практическая работа № 11 «Расчеты процессов экстрагирования (числа обработок с целью достижения заданной степени извлечения).
	8	Лабораторная работа №6 «Изучение равновесия жидкий раствор – пар в бинарных системах»
	9	Лабораторная работа № 7 «Определение молярной массы растворенного вещества криоскопическим методом»
<p><i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> <i>Проработать конспект лекции, составить Глоссарий формул и терминов.</i> <i>Анализ механизма растворения.</i> <i>Ответить на вопросы КЛ № 9 (№ 3,4,8,9) и решить задачи № 11-14 (в соответствии с вариантом)</i> <i>Выполнение Домашней расчетной работы № 2.</i> <i>Выполнение тестовых заданий.</i> <i>Выполнение расчетов коллигативных свойств растворов и расчетов процессов экстрагирования (числа обработок с целью достижения заданной степени извлечения) в соответствии с вариантом.</i> <i>Самостоятельное выполнение экспериментов, занесение результатов в таблицу, расчет, представление отчетов по практическим и лабораторным работам.</i> <i>Проработать специальную литературу и Интернет-источники.</i></p>		
Блок № 10 «Электрохимия»	Содержание учебного материала	
	1	Взаимные превращения электрической и химической энергии. Проводники первого и второго рода.
	2	Электродные процессы и электродный потенциал. Электроды сравнения. Формула Нернста. Электрохимический ряд напряжений.
	3	Электродвижущая сила (ЭДС). Гальванические элементы.
	4	Потенциометрия и рН-метрия.
	5	Коррозия металлов: характеристика, особенности, механизм процесса. Методы защиты от коррозии.
	6	Практическая работа №12 «Расчеты электродных потенциалов. Расчеты по законам Фарадея. Определение выхода по току»
	7	Лабораторная работа № 8 «рН-метрия. Измерение э.д.с. гальванических элементов».
<p><i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> <i>Проработать конспект лекции, составить Глоссарий формул и терминов.</i> <i>Составление таблицы сравнения различных видов коррозии.</i> <i>Подготовка реферата «Методы защиты от коррозии».</i> <i>Ответить на вопросы КЛ № 10 (№ 2,3, 8, 11, 12) и решить задачи № 13-15 (в соответствии с вариантом).</i> <i>Выполнение тестовых заданий.</i> <i>Сравнительная характеристика устройств электрохимической цепи с жидкостным соединением и без него.</i></p>		

	<p><i>Выполнение расчетов электродных потенциалов, расчетов по законам Фарадея в соответствии с вариантом.</i></p> <p><i>Самостоятельное выполнение экспериментов, занесение результатов в таблицу, расчет, представление отчетов по практическим и лабораторным работам.</i></p> <p><i>Проработать специальную литературу и Интернет-источники.</i></p>	
МОДУЛЬ II «ОСНОВЫ КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ»		
Блок № 1 «Дисперсные системы»	Содержание учебного материала	
	1	Основные понятия, способы очистки и получения дисперсных систем, свойства. Грубодисперсные системы.
	2	Оптические свойства. Эффект Фарадея-Тиндаля. Электрокинетические свойства коллоидов.
	3	Строение и заряд коллоидной частицы. Коагуляция и пептизация золей. ПАВ. Дифильные молекулы.
	4	Лабораторная работа № 9 «Получение ультрамикрорегетерогенных систем. Определение порога коагуляции»
Блок № 2 «Растворы высокомолекулярных соединений»	Содержание учебного материала	
	1	Общая характеристика и особенности. Набухание ВМС. Понятие устойчивости растворов ВМС.
	2	Высаливание. Студнеобразование. Стабилизация.
<p><i>Самостоятельная работа обучающихся:</i></p> <p><i>Проработать конспект лекции, составить Глоссарий формул и терминов.</i></p> <p><i>Составление таблицы сравнения различных видов коррозии.</i></p> <p><i>Подготовка реферата «Методы получения дисперсных систем», «Кинетические свойства дисперсных систем», «Оптические свойства дисперсных систем»</i></p> <p><i>Ответить на вопросы КЛ № 11 (№ 1-7, 15,20).</i></p> <p><i>Выполнение тестовых заданий.</i></p> <p><i>Сравнительная характеристика дисперсных систем.</i></p> <p><i>Самостоятельное выполнение экспериментов, занесение результатов в таблицу, расчет, представление отчетов по лабораторным работам.</i></p> <p><i>Проработать специальную литературу и Интернет-источники.</i></p>		

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА ПО ТЕМАМ

МОДУЛЬ 1 «ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Блок №1 «Молекулярно-кинетическая теория агрегатных состояний вещества»

При изучении этой темы следует обратить внимание на отличие реального газа от идеального и на то, как они связываются в написании уравнения состояния. Какие поправки введены в уравнение состояния реального газа и что они учитывают, когда можно при расчетах пользоваться уравнением идеального газа, а когда надо использовать уравнение состояния реального газа.

При изучении жидкого состояния вещества надо обратить внимание на особенности жидкостей, физический смысл поверхностного натяжения, вязкости, а также на методы их определения.

При изучении твердого состояния вещества надо уяснить отличие кристаллических веществ от аморфных и как это отражается на графике $t_{\text{охл.}}$ – время.

Вопросы для самоконтроля:

- 1 Что является предметом изучения физической химии?*
- 2 Какие разделы включает физическая химия?*
- 3 Что является предметом изучения коллоидной химии?*
- 4 Кто является основоположником физической химии?*
- 5 Назовите области применения физико-химических методов исследования.*
- 6 Вывести основное уравнение молекулярно - кинетической теории газов.*
- 7 Вывести уравнение идеального газа.*
- 8 Физический смысл универсальной газовой постоянной, ее численные значения и размерность.*
- 9 Закон Дальтона.*
- 10 Написать уравнение Ван-дер-Ваальса.*
- 11 Отличия реальных газов от идеальных.*
- 12 Особенности жидкого состояния вещества.*
- 13 Что называется поверхностным натяжением? Методы его определения.*
- 14 Вязкость, ее определение с помощью вискозиметра Оствальда. Определение вязкости методом падающего шарика.*

15 Что такое кристаллическая решетка?

16 Что такое полиморфизм, аллотропия, изоморфизм, анизотропия?

17 Какие вещества называются аморфными?

18 График зависимости: $t_{\text{охл.}}$ – время для кристаллических и аморфных веществ.

Литература: [1], с.9-26; [2], с.4-12

Блок № 2 «Первый закон термодинамики. Термохимия»

При изучении данной темы необходимо уяснить понятие теплоемкости и взаимосвязь между изобарной и изохорной теплоемкостью газов.

Обратить внимание на закон Гесса и применение его для расчета тепловых эффектов различных реакций. Рассмотреть приложение первого закона термодинамики к химическим процессам.

Уяснить уравнение, связывающее Q_p и Q_v , вычислять теплоты образования неорганических веществ и теплоты сгорания органических веществ по формуле и с использованием справочной литературы.

Вопросы для самоконтроля

1 Что называется теплоемкостью вещества?

2 Теплоемкость газов. Взаимосвязь между C_v и C_p .

3 Что называется внутренней энергией? От чего она зависит?

4 Что называется тепловым эффектом реакции?

5 Вывести взаимосвязь между изобарным и изохорным тепловым эффектом.

6 Закон Гесса. Следствия из закона Гесса.

7 Что называется теплотой образования?

8 Как рассчитывается тепловой эффект неорганических реакций?

9 Что называется теплотой сгорания?

10 Как рассчитывается тепловой эффект органических реакций?

11 Как рассчитывается теплота образования органических веществ?

Литература: [1], с.27-48; [2], с.71-98; [3], с.43-61; [4], с.27-54

Блок № 3 «Второй закон термодинамики»

При изучении этой темы необходимо обратить внимание на то, что второй закон термодинамики устанавливает, возможен или невозможен при данных условиях тот или иной процесс. До какого предела он может протекать и какая наибольшая полезная работа совершается при этом.

Обратите внимание, что на основании второго закона термодинамики

$$U = F + TS,$$

где F – свободная энергия системы, т. е. часть внутренней энергии, которая способна преобразовываться в полезную работу при постоянной температуре; TS – связанная энергия, часть внутренней энергии не способной превращаться в работу.

Рост функции S свидетельствует об уменьшении «работоспособности» системы.

Обратите внимание, что применительно к химическим процессам второй закон термодинамики можно сформулировать: всякое химическое взаимодействие, при неизменных давлении или объеме и постоянстве температуры, протекает в направлении уменьшения свободной энергии системы.

Необходимо уяснить, что пределом протекания химических реакций (т. е. условием равновесия) является достижение некоторого минимального для данных условий значения свободной энергии системы G или F .

Значения термодинамических функций при стандартных условиях $t = 25^{\circ}\text{C}$ и $P = 101325 \text{ Па}$ приводятся в справочных таблицах.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Что называется внутренней энергией? От чего она зависит?
- 2 Что называется тепловым эффектом реакции?
- 3 Что такое необратимые и обратимые процессы?
- 4 Что такое «связанная» и «свободная» энергия?
- 5 Закон Кирхгофа.

Литература: [1], с.49-69; [2], с.100-107; [3], с.68-77; [4], с.59-66

Блок № 4 «Элементы термодинамики пара»

При изучении данной темы необходимо уяснить, что такое процесс парообразования. Уметь определять параметры паров аналитическим и графическим методами. При решении задач уметь пользоваться $I - S$ диаграммой и «скелетными» таблицами.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Каким способом можно получить перегретый пар?*
- 2 Какой пар называют влажным, сухим насыщенным и перегретым?*
- 3 Как можно определить параметры паров?*
- 4 Что является основными параметрами водяного пара?*

Литература: [1], с.125-1131; [3], с.77-85

Блок № 5 «Химическая кинетика»

При изучении данной темы необходимо уяснить, что основной закон химической кинетики – закон действия масс. Четко знать и определять зависимость факторов, влияющих на скорость химической реакции. Уметь определять константы скоростей реакций первого, второго и третьего порядков, а также знать зависимость константы скорости реакции от периода полураспада.

Особое внимание уделите теории активации Аррениуса и ее практическому применению.

При изучении данной темы обратить внимание на цепные реакции, их особенности, характеристику и механизм этих реакций, а также применение радиационно-химических процессов в химической промышленности.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Что такое скорость реакции?*
- 2 Сформулировать закон действия масс.*
- 3 Что такое молекулярность реакций и как классифицируются реакции по этому признаку?*
- 4 Вывести кинетическое уравнение реакции 1-го порядка.*
- 5 Написать кинетическое уравнение реакции 2-го порядка.*
- 6 Уравнение Аррениуса и его значение.*
- 7 Что называется энергией активации? Сделать рисунок для экзотермической и эндотермической реакций и пояснить. Формула для расчета энергии активации.*
- 8 Методы активации.*
- 9 Что такое цепная реакция? Каковы стадии цепной реакции? Написать механизм какой-либо цепной реакции по стадиям.*

10 Что называется цепной разветвленной реакцией?

11 Что называется цепной неразветвленной реакцией? Написать ее механизм на каком-нибудь примере.

Литература: [1], с.173-203; [2], с.101-124,135-143; [3], с.112-120, 131-135; [4], с.105-112

Блок № 6 «Катализ»

В этой теме надо усвоить такие вопросы, как: закон действия масс, молекулярность и порядок реакций, зависимость скорости реакции от температуры. Особое внимание надо обратить на энергию активации, и её физический смысл. Четко знать определения гомогенного и гетерогенного катализа, современные представления о механизме и теориях гетерогенного катализа. Знать принцип минимума свободной энергии в применении к каталитическим процессам. При изучении процесса катализа обратите внимание на механизм этого процесса и значение катализа для промышленности и в решении ряда экологических вопросов.

Вопросы для самоконтроля

1 Что такое катализ и автокатализ?

2 Механизм гомогенного катализа (дать в общем виде и на конкретном примере).

3 Теории гетерогенного катализа.

Литература: [1], с.204-214; [2], с.129-132, 143-150; [3], с.124-127

Блок № 7 «Химическое равновесие»

Изучая эту тему, обратите внимание на то, что при расчете константы равновесия в числителе пишут концентрации или парциальные давления конечных веществ, а в знаменателе – исходных (с учетом стехиометрических коэффициентов). Если же реакция гетерогенная, то при расчете константы равновесия K_p учитываются только газообразные вещества. Уделите больше внимания принципу Ле Шателье, который говорит о направлении смещения химического равновесия при изменении внешних условий.

Самое главное при изучении уравнений изотермы, изохоры и изобары – это их применение.

Особое внимание заслуживает вопрос об истинном химическом равновесии, так как истинным (или устойчивым) равновесием называется такое состояние системы, которое не изменяется с течением времени при неизменных внешних условиях, причем эта неизменяемость не обусловлена протеканием какого-либо внешнего процесса. Если внешние условия изменяются, то состояние равновесия нарушается, но через некоторое время наступает новое состояние равновесия.

Вопросы для самоконтроля

- 1 *Что такое истинное равновесие?*
- 2 *Каковы признаки истинного равновесия?*
- 3 *Вывести константы равновесия K_c и K_p и их взаимосвязь. От чего зависят и от чего не зависят эти константы равновесия?*
- 4 *Сформулировать принцип Ле Шателье.*
- 5 *Как влияют температура, давление, концентрация на смещение равновесия?*
- 6 *Для чего и как применяются уравнения изохоры и изобары?*

Литература: [1], с.71-84; [2], с.152-172

Блок № 8 «Фазовое равновесие»

Прежде всего, при изучении этой темы нужно четко уяснить: что такое фаза и компонент и не путать эти понятия друг с другом. Особое внимание обратите на понятие «число степеней свободы».

Обратите внимание на то, как строится диаграмма плавкости, почему правило фаз для однокомпонентных систем пишем в виде $C = K - \Phi + 2$, а для двухкомпонентных конденсированных систем в виде $C = K - \Phi + 1$?

Вопросы для самоконтроля

- 1 *Что такое фаза, компонент и число степеней свободы?*
- 2 *Записать правило фаз Гиббса в общем виде и прочитать его.*
- 3 *Написать правило фаз Гиббса для однокомпонентных систем. Что означает «2» в этом уравнении?*
- 4 *Написать правило фаз Гиббса для двухкомпонентных конденсированных систем. Что означает «1» в этом уравнении? Почему надо писать «1», а не «2»?*

5 Начертить диаграмму состояния воды и разобрать ее по правилу фаз. Что такое тройная точка?

6 Начертить диаграмму состояния серы и разобрать ее по правилу фаз. Сколько здесь тройных точек?

7 Как строится кривая плавкости (показать на примере системы Cd - Bi)?

Литература: [1], с.85-108; [2], с.176-196; [3], с.139-144; [4], с.65-74

Блок № 9 «Растворы»

При изучении этой темы необходимо уделить особое внимание выражению и перерасчету концентраций растворов. Уделить внимание изучению условий кипения и замерзания растворов.

Обратить внимание на процессы перегонки растворов, а так же на закономерности этих процессов их практическое применение. Особое внимание уделить процессу ректификации: физической сущности и теоретическим основам процесса, условиям работы и принципиальному устройству ректификационной колонны, а также методам разделения азеотропных смесей.

Изучая законы Рауля, запомнить, что он применим только для идеальных растворов. При изучении криоскопии и эбулиоскопии усвоить методику определения молекулярной массы вещества с помощью криоскопии (или эбулиоскопии). Законы Коновалова и перегонку жидких смесей надо разбирать с помощью диаграмм: $t_{0\text{кип.}}$ – состав. При рассмотрении второго закона Коновалова особое внимание обратить на то, что такое азеотроп и как его разделить.

Изучая растворы газов в жидкостях обратить внимание на абсорбцию газов жидкостями и на практическое применение этого процесса.

Вопросы для самоконтроля

1 В чем суть гидратной теории Менделеева? Какое из 2-х веществ KCl и CH_3COOH будет в воде диссоциировать, а какое не будет диссоциировать и почему?

2 Что такое осмос? Когда он наблюдается?

3 Закон Вант-Гоффа для неэлектролитов и разбавленных растворов слабых электролитов. Для чего в уравнение для определения осмотического давления вводится изотонический коэффициент?

4 Закон Рауля и отклонения от него.

5 1-й закон Коновалова, его графическое изображение. Как идет процесс перегонки жидких смесей, подчиняющихся этому закону? 1-й закон Коновалова, его графическое изображение с положительным и отрицательным отклонением. Как идет процесс перегонки жидких смесей, подчиняющихся этому закону? Что такое азеотроп? Как его разделить?

6 Что такое криоскопия? Написать формулу для определения молекулярного веса вещества этим методом, когда растворенное вещество является неэлектролитом и электролитом. В какую из этих формул и почему вводится изотонический коэффициент? Как устроен криоскоп, что определяют с его помощью и как определяют?

7 Что такое эбулиоскопия? Написать формулу для определения молекулярной массы вещества этим методом, когда растворенное вещество является не электролитом и электролитом.

8 Две несмешивающиеся между собой жидкости. Вид диаграмм: давление - состав и t - состав. Объяснить, почему температура кипения смеси понижается?

9 На чем основана перегонка с водяным паром? Когда она применяется? Что такое расходный коэффициент пара?

10 На каком законе основана экстракция из растворов? Написать формулу для определения количества экстрагированного вещества.

11 Закон распределения.

Литература: [1], с.109-124, 131-141; [2], с.203-249; [3], с.144-156; [4], с.77-101

Блок № 10 «Электрохимия»

При изучении темы «Электрохимия» необходимо ознакомиться с понятиями электропроводности удельной и эквивалентной. Знать формулу взаимосвязи между удельной и эквивалентной электропроводностью, усвоить электрическую схему для практического определения удельной электропроводности растворов электролитов, а также методику этого определения.

Знакомясь с элементом Якоби, обратите внимание на принцип его работы и химическую реакцию, лежащую в основе работы этого гальванического элемента. Изучая электроды сравнения, разберитесь в принципе их действия и практическом применении. Запомните электрическую схему для определения ЭДС элемента, изучи-

те методику этого определения, а также устройство элемента Вестона и ту химическую реакцию, которая идет при его работе.

Переходя к разделу о потенциометрии, уделите побольше времени следующим вопросам: когда применяется потенциометрический метод, для чего он применяется и как применяется?

Одним из важных вопросов, рассматриваемых в этой теме, является вопрос об «активности электролита». Нужно уяснить, что означает термин «активность электролита» и для каких электролитов он вводится.

Вопросы для самоконтроля

1 *Что называется удельной и эквивалентной электропроводностью? В каких единицах они измеряются? Какая между ними существует взаимосвязь? Что такое разбавление и что оно показывает?*

2 *Что такое слабый электролит? Закон разбавления Оствальда? Для каких электролитов он применим?*

3 *Что называется гальваническим элементом? Как устроен гальванический элемент Якоби? На какой химической реакции основана работа этого элемента? Как условно записывается элемент Якоби?*

4 *Что такое нормальный водородный электрод? Как он устроен? Как условно записать его? Какая реакция идет при работе этого электрода? Как рассчитать потенциал водородного электрода? Чему равен потенциал нормального водородного электрода?*

5 *Как устроен каломельный электрод? Как условно его записать? На какой реакции основана работа каломельного электрода? Чему равны потенциалы каломельных электродов? От чего это зависит? По отношению к какому электроду определены потенциалы каломельных электродов?*

6 *Начертить электрическую схему для определения ЭДС элемента методом компенсации. Как определяют практически ЭДС элемента с помощью этой схемы? Какая применяется формула для расчета ЭДС элемента этим методом? Для чего используется элемент Вестона? Почему рассчитывают ЭДС элемента через ЭДС элемента Вестона, а не через ЭДС аккумулятора?*

7 Как устроен элемент Вестона? Как условно записать его? Какая реакция идет при работе этого элемента? Почему элемент Вестона можно использовать в качестве эталона для определения ЭДС других элементов?

8 Что такое концентрационный элемент? На чем основана его работа? По какой формуле рассчитывают ЭДС такого элемента?

Литература: [1], с.142-173; [2], с.255-325; [3], с.186-205; [4], с.134-177

МОДУЛЬ II «ОСНОВЫ КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ»

Блок № 1 «Дисперсные системы»

Приступая к изучению [коллоидной химии](#), необходимо усвоить, что такое коллоид и что такое кристаллоид. Подробно изучить методы получения коллоидных растворов и строение коллоидных мицелл.

Приступая к изучению процесса адсорбции, сначала надо усвоить: что такое адсорбция и не путать с понятиями, «абсорбция» и «сорбция». Усвоить, что процессы адсорбции и хемосорбции имеют очень большое значение, так как широко применяется в химической промышленности при подготовке сырья и получении продуктов.

Вопросы для самоконтроля

1 Что такое коллоид и кристаллоид?

2 Что такое дисперсная фаза и дисперсионная среда?

3 Дисперсионные методы получения коллоидных растворов?

4 Конденсационные методы получения коллоидных растворов?

5 Как построена мицелла? Имеет ли она заряд? Имеет ли заряд частица?

Написать формулу мицеллы и определять знак заряда частицы, если коллоидный раствор $AgCl$ получен реакцией двойного обмена:

а) между избытком $AgNO_3$ и KCl ;

б) между $AgNO_3$ и избытком KCl ;

6 Кинетические свойства дисперсных систем.

7 Оптические свойства дисперсных систем.

8 Электрокинетические явления.

9 Что такое коагуляция и каковы ее причины?

10 Что такое адсорбция? На поверхности раздела каких фаз она происходит? Каково значение поверхностно-активных веществ?

11 *Практическое применение адсорбции.*

12 *Что такое называется эмульсией?*

13 *Какие типы эмульсий Вы знаете?*

14 *Что такое эмульгатор, для чего он вводится и какова его роль? Механизм действия эмульгатора. Каким должен быть эмульгатор для эмульсий типа В/М и М/В?*

15 *Что такое обращение фаз эмульсий?*

16 *Процессы деэмульгирования и их значение для промышленности (например, нефтяной).*

17 *Значение эмульсий.*

18 *Пены и их значение.*

Литература: [1], с.214-235, 238-263; [2], с.329-373; [3], с.209-214; [4], с.165-170

Блок № 2 «Растворы высокомолекулярных соединений»

При изучении этой темы обратить внимание на особенности растворов ВМС, т. е. на зависимость свойств полимеров от вязкости и молекулярной массы ВМС. Усвоить классификацию полимеров, а также уметь определять молекулярную массу этих растворов. Усвоить защитные свойства растворов ВМС и их практическое использование. Научиться определять «золотое число» растворов ВМС.

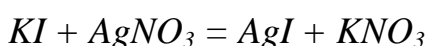
Пример Золя йодистого серебра получен в результате постепенного добавления к 20 мл 0,01 н. раствора KI, 5 мл 0,12 н. раствора AgNO₃. Написать формулу мицеллы получившегося золя и определить направление движения его частиц в электрическом поле.

Решение. Определяем какой из растворов взят в избытке:

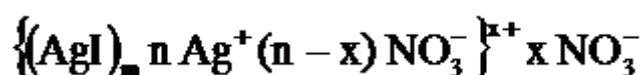
число мг-экв KI $20 \times 0,01 = 0,2$ мг-экв

число мг-экв AgNO₃ $5 \times 0,12 = 0,6$ мг-экв.

В растворе имеется избыток AgNO₃.



Ядром коллоидных частиц золя AgI будут адсорбироваться преимущественно ионы Ag⁺ и частично ионы NO₃⁻. Формула мицеллы золя йодистого серебра



Заряд частиц определяется по потенциалобразующему иону. В данном случае она заряжена положительно (мицелла электронейтральна), и поэтому в электрическом поле частица будет двигаться к отрицательному полюсу (катоде).

Вопросы для самоконтроля

1 Что такое высокомолекулярное соединение?

2 Перечислите особенности высокомолекулярных соединений. Агрегатные состояния высокополимеров.

3 Перечислите особенности растворов ВМС

4 Что такое набухание?

Литература: [2], с.376-395; [3], с.218-222

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа является основным видом учебной работы студентов заочной формы обучения. Написание домашней контрольной работы позволяет студенту самостоятельно изучить теоретический материал по курсу дисциплины «Физическая и коллоидная химия».

Цель выполнения контрольной работы:

- закрепить и углубить теоретические знания, приобрести необходимые умения;
- развить умения пользоваться таблицами различных химических величин для решения задач и уравнений;
- помочь практическому осмыслению разделов и тем дисциплины.

Выполнение контрольной работы должно:

- дать представление о том, насколько глубоко студент усвоил теоретические положения курса;
- показать, насколько умело студент способен использовать умения решать задачи, вести расчёты, проводить качественные реакции;
- отличаться чёткостью, аккуратностью, правильностью и полнотой выполнения заданий, разборчивым почерком, быть правильно оформленной и представленной в надлежащие сроки.

Получив контрольную работу, следует внимательно прочитать задание, проанализировать записи лекционного материала, изучить список рекомендуемой литературы.

Всего студент-заочник должен выполнить одну контрольную работу.

Контрольная работа охватывает вопросы по термодинамике химических реакций, химическому равновесию, фазовому равновесию гетерогенных систем, теплоемкости газов и твердых тел и вопросам коллоидной химии.

Выполнение контрольной работы должно быть не самоцелью; она является формой методической помощи студентам при изучении курса.

Решение задач и ответы на теоретические вопросы должны быть короткими, но четко обоснованными, за исключением тех случаев, когда по существу вопроса такая мотивировка не требуется. При решении задач нужно приводить все математические преобразования, избирая простейший путь решения.

Контрольная работа должна быть аккуратно оформлена, иметь поля. Писать надо четко и ясно. В работе номера и условия задачи следует переписывать в том порядке, в каком они указаны в задании. Обязательно записываются условия заданий. Каждое задание прописывается с новой страницы.

Схемы и графики должны выполняться карандашом с применением чертежных инструментов. При выполнении схем следует пользоваться условными графическими обозначениями, установленными ГОСТами. Схемы и графики должны быть построены на миллиметровой бумаге или на бумаге в клетку.

Решение задач необходимо сопровождать краткими и четкими пояснениями.

Вычисление следует производить с необходимой точностью до двух знаков после запятой. При решении задач следует пользоваться Международной системой единиц СИ. Буквенные обозначения единиц измерения ставятся только после окончательного результата и в скобки не заключаются, например: 10кг; 380т; 66⁰С, 298К.

Контрольная работа выполняется в тетради школьного типа, на лицевой стороне тетради следует наклеить адресный бланк учебного заведения.

Вариант соответствует шифру, выданному преподавателем индивидуально каждому студенту.

В конце работы следует привести список использованных источников, поставить дату её выполнения и свою разборчивую подпись.

После выполнения контрольной работы с оценкой и замечаниями преподавателя студенту следует повторить недостаточно усвоенный материал, и исправить отмеченные ошибки. Все исправления следует выполнить не в тексте контрольной работы, а в конце тетради, указав номер задачи.

Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, преподавателем не рецензируется и не зачитывается.

Работа может быть не зачтена, если она выполнена неразборчивым почерком, неаккуратно, с большим количеством ошибок, исправлений.

Если контрольная работа не будет зачтена, студент обязан её доработать и после этого сдать преподавателю.

Контрольная работа предоставляется на проверку не позднее, чем за месяц до начала экзаменационной сессии.

Контрольная работа, сданная позднее указанного срока, не проверяется.

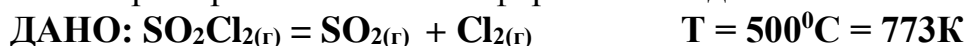
4. ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Контрольная работа состоит из 3 расчетных заданий.

Вариант заданий №1 и №2 определяется двумя последними цифрами шифра студента.

4.1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ И ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ №1 «ТЕРМОДИНАМИКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ»

Пример выполнения и оформления задания



РЕШЕНИЕ:

1. Для расчета необходимо воспользоваться справочными данными для указанных в реакции веществ:

вещество	ΔH^0_{298} кДж/моль	ΔS^0_{298} Дж/моль	$\Delta C_p^0_{298}$ Дж/моль · К	Δa	$\Delta b \cdot 10^3$	$\Delta c^1 \cdot 10^{-5}$
SO_2Cl_2	-363,17	311,29	77,40	87,91	16,15	-14,23
SO_2	-296,90	248,07	39,87	46,12	7,87	-7,70
Cl_2	0	222,98	33,93	37,03	0,67	-2,85

Качественная оценка ΔH по виду химического уравнения: Изменение энтальпии реакции величина положительная, так как образуются соединения с менее прочными химическими связями (энергия системы увеличивается).

Рассчитываем тепловой эффект данной химической реакции, пользуясь **законом Гесса:**

$$\Delta H^0_{r,298} = \sum \Delta H^0_{298}(\text{прод}) - \sum \Delta H^0_{298}(\text{исход}) = -296,90 - (-363,17) = \mathbf{66,27 \text{ кДж.}}$$

$\Delta H > 0$, поэтому **тепло поглощается извне**, то есть **реакция эндотермическая.**

Определяем тепловой эффект при образовании 1 кг продукта при стандартных условиях:

$$\text{Пусть } m(\text{SO}_2) = 1 \text{ кг} = 1000 \text{ г.} \quad \text{Молярная масса } M(\text{SO}_2) = 64 \text{ г/моль.}$$

$$\text{Количество вещества } \nu(\text{SO}_2) = m/M = 1000/64 = \mathbf{15,625 \text{ моль.}}$$

$$\Delta H^0_{r,298} = \Delta H \cdot \nu = 66,27 \cdot 15,625 = \mathbf{1035,5 \text{ кДж.}}$$

2. Молярной изобарной теплоемкостью вещества называют количество теплоты, необходимое для нагревания одного моля вещества на 1К при постоянном давлении:

$$\Delta C^0_P = f(T); \quad \Delta C^0_P = \Delta(dQ_P / DT) = \Delta(Dh / Dt) = d\Delta H / Dt).$$

3. Пользуясь **законом Кирхгоффа и установленной функциональной зависимостью** вычисляем тепловой эффект реакции при указанной температуре 773К:

$$\int dH = \int dT \cdot \Delta C_P; \quad \Delta H_{T2} = \Delta H_{T1} + \int \Delta C_P \cdot Dt.$$

$$\Delta C^0_P = 39,87 + 33,93 - 77,40 = \mathbf{-3,6 \text{ Дж/К}}$$

$$\Delta H_{T2} = \Delta H_{T1} + \int (\Delta a + \Delta bT + \Delta c^1 T^{-2}) Dt =$$

$$= \Delta H_{T1} + \Delta a(T_2 - T_1) + \Delta b/2 (T_2^2 - T_1^2) + \Delta c^1(1/T_1 - 1/T_2) =$$

$$= 66,27 + (-87,91 + 46,19 + 37,03) \cdot (773 - 298) + ((16,15 + 7,87 + 0,67) \cdot 10^{-3}) / 2 \cdot (773 - 298) + (+14,23 - 7,7 - 2,85) \cdot 10^5 \cdot (1/298 - 1/773) = \mathbf{62,8 \text{ кДж.}}$$

При увеличении температуры величина ΔH уменьшается.

4. Энтропия – обобщенный термодинамический параметр или функция состояния системы, то есть мера её беспорядка. Так как по уравнению реакции образуется большее число газовых молекул, то беспорядок увеличивается, то есть $\Delta S_r > 0$.

5. Вычисляем изменение энтропии при стандартных условиях по значениям энтропий участвующих в реакции веществ $\Delta S^0_{г, 298}$.

$$\Delta S^0_{г, 298} = \sum \Delta S_{\text{продуктов}} - \sum \Delta S_{\text{исходных в-в}} = 248,07 + 222,98 - 311,29 = 159,76 \text{ Дж/К.}$$

6. Используя функциональную зависимость $\Delta C^0_p = f(T)$ вычислим изменение энтропии реакции при заданной температуре T и стандартном давлении.

$$\begin{aligned} \Delta S^0_{г, T} &= \Delta S^0_{г, 298} + \int \Delta C^0_p \cdot Dt / T = \Delta S^0_{г, 298} + \int \Delta a \cdot Dt / T + \int \Delta b \cdot Dt + \int \Delta c^1 \cdot Dt / T^3 = \\ &= \Delta S^0_{г, 298} + \Delta a \ln T/298 + \Delta b(T-298) + (\Delta c^1 / 2) \cdot (1/298^2 - 1/T^2) = \\ &= 159,76 - 4,76 \ln 773 / 298 - 7,61 \cdot 10^{-3} (773 - 298) + 1,84 \cdot 10^5 (1/298^2 - 1/773^2) = \\ &= 153,37 \text{ Дж/ К.} \end{aligned}$$

При увеличении температуры величина энтропии реакции уменьшается.

7. Качественно оцениваем вероятность протекания химической реакции при низких и высоких температурах и вычисляем изменение энергии Гиббса реакции, протекающей при стандартных условиях:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S;$$

если:

1. $T \rightarrow \infty$, $\Delta G \approx -T \Delta S < 0$, то есть при высоких температурах реакция протекает в прямом направлении.

2. $T \rightarrow 0$, $\Delta G \approx \Delta H > 0$, то есть при низких температурах реакция либо не осуществима, либо протекает только в обратном направлении.

$$\Delta G^0_{г, 298} = \Delta H^0_{г, 298} - 298 \Delta S^0_{г, 298} = 10^3 \cdot 66,27 - 298 \cdot 159,76 = 18,66 \text{ кДж.}$$

Самопроизвольно протекание процесса невозможно при стандартных условиях, так как величина энергии Гиббса $\Delta G^0_{г, 298} > 0$.

$$\text{Если } \Delta G = 0, \quad \text{тогда } 0 = \Delta H - T \Delta S,$$

$$T_0 = \Delta H / \Delta S$$

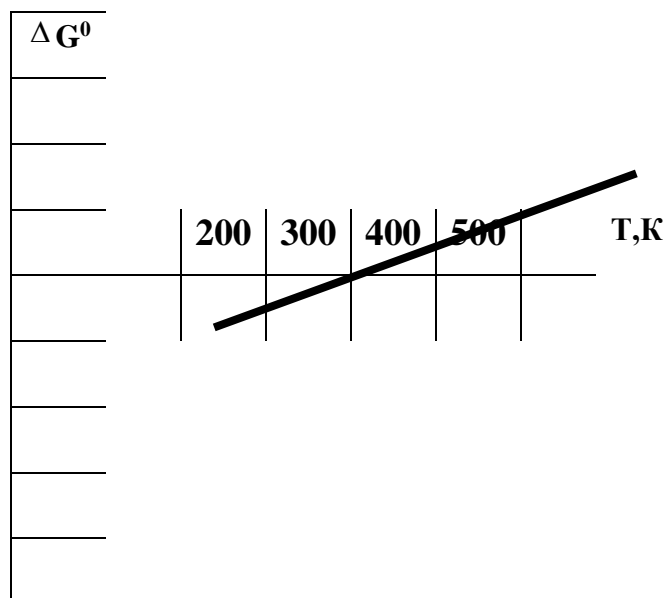
$$T_0 = \Delta H^0_{г, 298} / \Delta S^0_{г, 298} = 66,27 \cdot 10^3 / 159,76 = 414,8 \text{ К}$$

$$T_0 = \Delta H^0_{г, 773} / \Delta S^0_{г, 773} = 62800 / 153,44 = 409,3 \text{ К}$$

$$T_{0 \text{ средн}} = 1 / 2 \cdot (414,8 + 409,3) = 412,1 \text{ К.}$$

8. Метод Улиха позволяет вычислить энергию Гиббса реакции, протекающей при стандартном давлении и температуре T (ΔG^0_T), считая, что величины энтропии и энтальпии не зависят от температуры.

$$\Delta G^0_{r,773} = \Delta H^0_{r,298} - T \Delta S^0_{r,298} = 10^3 \cdot 66,27 - 773 \cdot 159,76 = -57,22 \text{ кДж.}$$



$T_0 = 412 \text{ K}$ – это точка равновесия и температура начала протекания реакции.

При $T > 412 \text{ K}$ реакция протекает в прямом направлении.

9. Вычисляем изменение энергии Гиббса реакции при температуре T и стандартном давлении, учитывая зависимость энтальпии и энтропии от температуры.

$$\Delta G^0_{r,T} (3) = \Delta H^0_{T2} - T \Delta S^0_{r,T} = 62,8 \cdot 10^3 - 773 \cdot 153,37 = -55,8 \text{ кДж}$$

$$\Delta G^0_{r,T} (2) = \Delta H^0_{r,773} (2) - T \Delta S^0_{r,773} (2)$$

$$\Delta H^0_{r,773}(2) = \Delta H^0_{r,298} + \Delta C_{p,r} (773-298) = 62,27 \cdot 10^3 + (-3,6) \cdot 475 = 60,56 \text{ кДж}$$

$$\Delta S^0_{r,773} (2) = \Delta S^0_{r,298} - \Delta C_{p,r} \ln 773 / 298 = 159,76 - 3,6 \cdot 0,95 = 156,3 \text{ Дж / К}$$

$$\Delta G^0_{r,T} (2) = 60,56 \cdot 10^3 - 773 \cdot 156,3 = -60,26 \text{ кДж.}$$

$$\Delta G^0_{r,T} (1) = -57,22 \text{ кДж} \quad \Delta C_p = 0$$

$$\Delta G^0_{r,T} (2) = -60,26 \text{ кДж} \quad \Delta C_p = \text{const}$$

$$\Delta G^0_{r,T} (3) = -55,8 \text{ кДж} \quad \Delta C_p = \Delta a + \Delta B_T / 2 + \Delta c^1 \cdot T^{-2}$$

$$\Delta G^0_{r,298} = 18,66 \text{ кДж.}$$

Сравниваем полученные значения энергии ΔG^0_T с величиной изменения энергии Гиббса, рассчитанной по методу Улиха:

$$\text{Относительная погрешность: } \Delta = -55,8 + 57,22 = 1,42 \text{ кДж.}$$

$$\text{Абсолютная погрешность: } \varepsilon = \Delta / \Delta G_r (3) = (1,42 / 55,8) \cdot 100\% = 2,54 \text{ \%}.$$

То есть погрешность расчета ΔG без учета ΔC_p составляет всего 2,5 %, что вполне допустимо.

10. Вычисленные значения термодинамических величин представляем в форме таблицы:

$\Delta H^0_{T,298}$ (1), кДж	ΔH^0_T (2), кДж	ΔH^0_T (3), кДж	ΔS^0_{298} Дж/К	ΔS^0_T (2), Дж/К	ΔS^0_T (3), Дж/К	ΔG^0_{298} кДж	ΔG^0_T (1), кДж	ΔG^0_T (2), кДж	ΔG^0_T (3), кДж
66,27	60,56	62,8	159,76	156,3	153,44	18,66	-57,22	60,26	55,8

4.1.1 ЗАДАНИЕ № 1 « ТЕРМОДИНАМИКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ»

1. Что называют тепловым эффектом химической реакции? Через какие термодинамические функции состояния системы можно выразить тепловой эффект?

По виду химического уравнения (таблица), **качественно** оцените знак ΔH . Объясните полученный результат.

По значениям стандартных теплот образования участвующих в реакции веществ (Энтальпии), вычислите тепловой эффект реакции при стандартных условиях.

Выделяется или поглощается тепло при протекании реакции? Эндо- или экзотермической является данная реакция?

Определите тепловой эффект при образовании **1 кг** продукта (или одного из продуктов) при протекании реакции в стандартных условиях.

2. Что называется молярной изобарной теплоемкостью вещества (ΔC^0_p). Какова зависимость молярной изобарной теплоемкости от температуры? Выведите функциональную зависимость изменения молярной изобарной теплоемкости для реакции от температуры: $\Delta C^0_p = f(T)$.

3. Пользуясь Законом Кирхгофа и установленной функциональной зависимостью $\Delta C^0_p = f(T)$ вычислите тепловой эффект реакции при **T** и стандартном давлении (ΔH^0_T). Как влияет увеличение температуры на величину теплового эффекта реакции?

4. Что характеризует энтропия системы? **Качественно** оцените знак изменения энтропии (ΔS) при протекании реакции. Объясните полученный результат.

5. По значениям стандартных энтропий участвующих в реакции веществ (ΔS^0_{298}), вычислите изменение энтропии реакции при стандартных условиях (ΔS^0_{298}).

6. Используя функциональную зависимость $\Delta C^0_p = f(T)$ вычислите изменение энтропии реакции при температуре T и стандартном давлении (ΔS^0_{298}). Как влияет повышение температуры на величину ΔS^0_{298} ?

7. Что характеризует энергия Гиббса (G) и изменение энергии Гиббса (ΔG)? Качественно оцените вероятность самопроизвольного протекания реакции при высоких и низких температурах.

Вычислите изменение энергии Гиббса реакции, протекающей при стандартных условиях (ΔG^0_{298}). Возможно ли самопроизвольное протекание процесса при стандартных условиях? Определите температуру (T_0) (если такая имеется), выше которой реакция меняет свое направление.

8. Вычислите изменение энергии Гиббса реакции, протекающей при стандартном давлении и температуре T (ΔG^0_T), считая, что ΔH^0_T и ΔS^0_T не зависят от температуры (метод Улиха). Постройте график зависимости ΔG^0_T от температуры. Сделайте вывод о влиянии температуры на вероятность самопроизвольного протекания процесса в прямом направлении.

9. Вычислите изменение энергии Гиббса реакции (ΔG^0_T) при температуре T и стандартном давлении, учитывая зависимость ΔH^0_T и ΔS^0_T от температуры (два приближения). Сравните все полученные значения ΔG^0_T и оцените их расхождение.

10. Вычисленные значения термодинамических функций представьте в форме таблицы:

ЗНАЧЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ								
$H^0_{298},$ $H^0_T(1),$ кДж	$H^0_T(2),$ кДж	$H^0_T(3),$ кДж	$S^0_{298},$ $S^0_T(1),$ Дж / К	$S^0_T(2),$ Дж / К	$S^0_T(3),$ Дж / К	$G^0_{298},$ кДж	$G^0_T(1),$ кДж	$G^0_T(2),$ $G^0_T(3),$ кДж

Таблица вариантов к заданию № 1

№ варианта				Уравнение реакции $aA + bB = dD + eE$	$T, ^\circ\text{C}$
1	26	51	76	$4\text{HCl}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{Cl}_{2(г)} + 2\text{H}_2\text{O}_{9г}$	600
2	27	52	77	$2\text{SO}_{2(г)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{SO}_{3(г)}$	580

3	28	53	78	$\text{CH}_{4(\text{r})} + 2\text{S}_{2(\text{r})} = \text{CS}_{2(\text{r})} + 2\text{H}_2\text{S}_{(\text{r})}$	850
4	29	54	79	$\text{CO}_{(\text{r})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})} = \text{CO}_{2(\text{r})} + \text{H}_{2(\text{r})}$	430
5	30	55	80	$\text{SO}_2\text{Cl}_{2(\text{r})} = \text{SO}_{2(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})}$	500
6	31	56	81	$\text{N}_2\text{O}_{4(\text{r})} = 2\text{NO}_{2(\text{r})}$	340
7	32	57	82	$\text{CO}_{(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})} = \text{COCl}_{2(\text{r})}$	950
8	33	58	83	$\text{CH}_{4(\text{r})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})} = \text{CO}_{(\text{r})} + 3\text{H}_{2(\text{r})}$	800
9	34	59	84	$\text{CO}_{2(\text{r})} + \text{H}_{2(\text{r})} = \text{CO}_{(\text{r})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$	920
10	35	60	85	$\text{SO}_{2(\text{r})} + \text{NO}_{2(\text{r})} = \text{SO}_{3(\text{r})} + \text{NO}_{(\text{r})}$	700
11	36	61	86	$\text{H}_{2(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})} = 2\text{HCl}_{(\text{r})}$	900
12	37	62	87	$\text{CH}_{4(\text{r})} + \text{CO}_{2(\text{r})} = 2\text{CO}_{(\text{r})} + 2\text{H}_{2(\text{r})}$	770
13	38	63	88	$\text{PCl}_{3(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})} = \text{PCl}_{5(\text{r})}$	500
14	39	64	89	$2\text{HCl}_{(\text{r})} + 0,5\text{O}_{2(\text{r})} = \text{Cl}_{2(\text{r})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$	900
15	40	65	90	$\text{CH}_{4(\text{r})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})} = \text{CO}_{(\text{r})} + 3\text{H}_{2(\text{r})}$	500
16	41	66	91	$\text{CO}_{(\text{r})} + 2\text{H}_{2(\text{r})} = \text{CH}_3\text{OH}_{(\text{r})}$	580
17	42	67	92	$\text{SO}_{2(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})} = \text{SO}_2\text{Cl}_{2(\text{r})}$	380
18	43	68	93	$2\text{CH}_{4(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} = 2\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{r})}$	500
19	44	69	94	$2\text{H}_{2(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$	800
20	45	70	95	$2\text{NO}_{(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})} = 2\text{NOCl}_{(\text{r})}$	300
21	46	71	96	$\text{N}_{2(\text{r})} + 3\text{H}_{2(\text{r})} = 2\text{NH}_{3(\text{r})}$	620
22	47	72	97	$\text{N}_{2(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} = 2\text{NO}_{(\text{r})}$	1000
23	48	73	98	$\text{NO}_{2(\text{r})} = \text{NO}_{(\text{r})} + 0,5\text{O}_{2(\text{r})}$	450
24	49	74	99	$\text{COCl}_{2(\text{r})} = \text{CO}_{(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})}$	850
25	50	75	100	$2\text{H}_2\text{S}_{(\text{r})} + \text{SO}_{2(\text{r})} = \frac{3}{2}\text{S}_{2(\text{r})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$	1100

4.2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ И ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ № 2 « ТЕПЛОЕМКОСТЬ ГАЗОВ И ТВЕРДЫХ ТЕЛ»

Примеры выполнения и оформления задания.

Пример № 1. *Истинная молярная теплоемкость серебра в интервале температур от 273 до 1234К выражается уравнением:*

$$C_p = 23,97 + 5,28 \cdot 10^{-3}T - 0,25 \cdot T^2, \text{ иДж/моль} \cdot \text{К}.$$

Вычислите среднюю молярную теплоемкость C_p в интервале 298 до 700К.

Решение. Среднюю теплоемкость в данном интервале температур рассчитываем по уравнению:

$$C_p = a + 0,5b(T_2 - T_1) + c^1(T_1 \cdot T_2).$$

Подставляя коэффициенты из уравнения и температуру из условия задачи, получаем:

$$\begin{aligned} C_p &= 23,96 + 0,5 \cdot 5,28 \cdot 10^{-3} (700 + 298) - 0,25 \cdot 10^5 / (298 \cdot 700) = \\ &= 23,97 + 2,63 - 0,12 = 24,91 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}. \end{aligned}$$

Пример № 2. *Определите количество теплоты, поглощенной при нагревании 1 кг корунда Al_2O_3 от 298 до 1000К, если его молярная теплоемкость в интервале температур 298 – 1800 К выражается уравнением:*

$$C_p = 114,56 + 12,89 \cdot 10^{-3} T - 34,31 \cdot 10^5 T^2, \text{ Дж / моль К.}$$

Решение. Учитывая, что теплоемкость является функцией температуры, для расчета количества теплоты используем уравнение:

$$Q = n (a (T_2 - T_1) + 0,5 b (T_2^2 - T_1^2) + c^1 (1/T_1 - 1 /T_2)) = 1000/102 (114,56 (1000 - 298) + 0,5 \cdot 12,89 \cdot 10^{-3} (1000^2 - 298^2) - 34,31 \cdot 10^5 (1/298 - 1/1000)) = 766778 \text{ Дж} = 766,8 \text{ кДж.}$$

Пример № 3. Молярная теплота испарения метанола при 25⁰С составляет 37,4 кДж/моль. Определите теплоту испарения метанола при 50⁰С, если молярная теплоемкость жидкого и газообразного спирта соответственно равны 81,6 и 43,9 кДж/моль К. Считать теплоемкость в интервале температур 25 – 50⁰ С практически постоянной.

Решение. Расчет ведем по уравнению Кирхгоффа: $\Delta H_2 = \Delta H_1 + \int \Delta C_p dT$

$$T_1 = 25 + 273 = 298 \text{ К} \quad T_2 = 50 + 273 = 323 \text{ К}$$

$$\Delta H_2 = 37400 + \int (43,9 - 81,6) dT = 36 458 \text{ Дж/моль.}$$

Пример № 4. Вычислите тепловой эффект реакции $C_{(тв)} + CO_{2(г)} = 2CO_{(г)}$ при 500 К, если при стандартных условиях он равен 172,5 кДж, а значения молярных теплоемкостей следующие:

$$C_p = 17,15 + 4,27 \cdot 10^{-3} \cdot T - 8,79 \cdot 10^5 T^2, \text{ Дж/моль К(C)};$$

$$C_p = 28,41 + 4,10 \cdot 10^{-3} T - 0,46 \cdot 10^5 T^2, \text{ Дж/моль К(CO)};$$

$$C_p = 44,14 + 9,04 \cdot 10^{-3} T - 8,53 \cdot 10^5 T^2, \text{ Дж/моль К(CO}_2\text{)}.$$

Решение Зависимость C_p веществ от температуры представлена уравнениями вида $C_p = a + bT + c^1T^2$ (для неорганических веществ).

Для расчета теплового эффекта воспользуемся уравнением Кирхгофа:

$$\Delta H_2 = \Delta H_1 + \Delta a (T_2 - T_1) + 0,5 \Delta b (T_2^2 - T_1^2) + \Delta c^1 (1/T_1 - 1/T_2).$$

Рассчитаем коэффициенты:

$$\Delta a = 2 \cdot 28,41 - 44,14 - 17,15 = -4,47$$

$$\Delta b = (2 \cdot 4,10 - 9,04 - 4,27) \cdot 10^{-3} = -5,11 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta c^1 = (-2 \cdot 0,46 - (-8,53) - (8,79)) \cdot 10^5 = 16,4 \cdot 10^5$$

$$\Delta H_{500} = 172,5 \cdot 10^3 - 4,47 (500 - 298) - 0,5 \cdot 5,11 \cdot 10^{-3} (500^2 - 298^2) + 16,4 \cdot 10^5 (1/298 - 1/500) = 173,4 \text{ кДж}$$

Пример № 5. *Изменение энтропии реакции $C_{(г)} + CO_{2(г)} = 2CO_{(г)}$. При стандартных условиях равно 175,46 Дж/моль К. Используя функциональную зависимость теплоемкостей реагирующих веществ от температуры (см. пример 4), вычислите изменение энтропии при температуре 500К и стандартном давлении (ΔS^0_T).*

Решение. Изменение энтропии находим по уравнению:

$$\Delta S^0_T = \Delta S^0_{298} + \Delta a \ln (T/298) + \Delta b (T - 298) + 0,5 \Delta c^1 (1/298^2 - 1/T^2).$$

$$\Delta S^0_{298} = 175,46 \text{ Дж/моль К (см. условие примера);}$$

$$\Delta a = -4,47; \quad \Delta b = -5,11 \cdot 10^{-3} \quad \Delta c^1 = 16,4 \cdot 10^5 \quad (\text{см. Условие примера №4}).$$

$$\Delta S^0_{500} = 175,46 - 4,47 \ln(500/298) - 5,11 \cdot 10^{-3} (500 - 298) + 0,5 \cdot 16,4 \cdot 10^5 (1/298^2 - 1/500^2) = 178,07 \text{ Дж/моль К}$$

4.2.1 ЗАДАНИЕ № 2 « ТЕПЛОЕМКОСТЬ ГАЗОВ И ТВЕРДЫХ ТЕЛ »

Вариант задания выбирается по номеру, указанному преподавателем, соответствующему номеру в списке журнала.

1. Зависимость истинной теплоемкости от температуры для сульфида серебра в интервале 298 – 452 К можно выразить уравнением

$$C_p = 42,38 + 110,46 \cdot 10^{-3} T, \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}.$$

Рассчитайте среднюю теплоемкость в указанном интервале температур.

2. Зависимость молярной теплоемкости от температуры для фосфата кальция выражается уравнением $C_p = 203,3 + 170,1 \cdot 10^{-3} T - 26,11 \cdot 10^5 T^{-2}$ Дж/ моль·К в интервале температур 273 – 1373 К. Найдите изменение энтальпии при нагревании этого вещества от 600 до 900К.

3. Какое количество теплоты поглощается при нагревании 2 кг меди от 25 до 1000 °С, если молярная теплоемкость меди выражается уравнением

$$C_p = 22,64 + 6,28 \cdot 100^{-3} T, \text{ Дж/моль К}.$$

4. Истинная удельная теплоемкость ртути выражается уравнением

$C = 0,1479 - 2,89 \cdot 10^{-5} t$, Дж/г град, где t – температура °С. Определите количество теплоты, необходимое для нагревания 50 г ртути от 0 до 357°С.

5-10. Истинная молярная теплоемкость оксида кальция выражается уравнением

$C_p = 48,83 + 4,519 \cdot 10^{-3} T - 6,527 \cdot 10^{-5} T^2$, Дж/ моль К. Определите количество теплоты, необходимое для нагревания CaO от 0 до 900°C;

6. от 10 до 1000°C (в условиях задачи 5-10);

7. от 10 до 900°C(в условиях задачи 5-10);

8. от 0 до 1000°C(в условиях задачи 5-10);

9. от 5 до 900°C(в условиях задачи 5-10);

10. от 5 до 1000°C(в условиях задачи 5-10).

11. Энтальпия образования этилена равна 52,3 кДж/моль. Определите тепловой эффект реакции горения этилена при: 1) $P = \text{const}$; 2) $V = \text{const}$, если энтальпии образования $\text{CO}_2(\text{г})$ и $\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ соответственно равны $-393,5$ и $-285,8$ Дж/моль.

12. Теплота испарения воды при 30 °C равна 2427 кДж/кг, а при 20°C 2452 кДж/кг. Оцените среднее значение молярной теплоемкости водяного пара в интервале температур от 20 до 30°C, если молярная теплоемкость жидкой воды 75,31 Дж/моль К.

13. Вычислите тепловой эффект реакции $\text{CO} + 2\text{H}_2(\text{г}) = \text{CH}_3\text{OH}_{(\text{ж})}$ при 500 и 1000К, если при 300К тепловой эффект этой реакции равен 90,72 кДж, а значения теплоемкостей следующие:

$$C_p = 28,41 + 4,10 \cdot 10^{-3} T - 0,46 \cdot 10^{-5} T^2, \text{ Дж/моль К (CO}_2\text{)},$$

$$C_p = 27,28 + 3,26 \cdot 10^{-3} T + 0,502 \cdot 10^{-5} T^2, \text{ Дж/моль К (H}_2\text{)},$$

$$C_p = 81,6 \text{ Дж/моль К (CH}_3\text{OH)}.$$

14. Средняя удельная теплоемкость водяного пара при нормальном давлении в пределах температур 100 – 500°C равна 2,01 кДж/кг К. Вычислите средние молярные теплоемкости водяного пара при постоянных давлении и объеме и соотношение C_p/C_v .

15-20. Зависимость молярной теплоемкости паров ацетона от температуры выражается уравнением

$$C_p = 31,59 + 154,94 \cdot 10^{-3} T - 30,38 \cdot 10^{-6} T^2.$$

Вычислите расход теплоты на нагревание 280 г ацетона от 275° С до 700К.

16. 300 г ацетона от 275 К до 700°C(в условиях задачи 15-20);

17. 100 г ацетона от 200 – 500К(в условиях задачи 15-20);

18. 150 г ацетона от 200 – 500°C(в условиях задачи 15-20);

19. 270 г ацетона от 257°C – 680К(в условиях задачи 15-20);

20. 300 г ацетона от 350 - 777К(в условиях задачи 15-20).

21. Истинная удельная теплоемкость свинца может быть рассчитана по уравнению $C = 0,1233 + 5,682 \cdot 10^{-5}t$, Дж/г град, где t – температура, °С. Температура плавления свинца 326°С. Какое количество теплоты необходимо подвести, чтобы расплавит 1 кг металла, взятого при 17°С?

22– 24. Истинные удельные теплоемкости ряда металлов могут быть выражены уравнениями:

для Си $C = 0,385 + 8,891 \cdot 10^{-5}t$, Дж/г град,

для Рв $C = 0,124 + 5,682 \cdot 10^{-5}t$, Дж/г град,

для Zn $C = 0,379 + 11,858 \cdot 10^{-4}t$, Дж/г град,

где t – температура, °С. Рассчитайте величины средних теплоемкостей в интервале 0 – 100°С.

25 - 30. Истинная молярная теплоемкость ромбической серы выражается уравнением $C_p = 14,98 + 26,11 \cdot 10^{-3} T$, Дж/моль К. Определите значение средней молярной теплоемкости серы в пределах от 0 до 95,6°С;

26. от 10 до 105,6°С (в условиях задачи 25-30);

27. от 15 до 115,6°С (в условиях задачи 25-30);

28. от 20 до 120,6°С (в условиях задачи 25-30);

29. от 30 до 130,6°С (в условиях задачи 25-30);

30. от 35 до 135,6°С (в условиях задачи 25-30).

4.3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ И ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ № 3 «ЭЛЕМЕНТЫ ТЕРМОДИНАМИКИ ПАРА»

Примеры выполнения и оформления задания.

Пример 1. Плотность твердого фенола 1072 кг/м³, жидкого 1056 кг/м³ а теплота его плавления составляет $1,044 \cdot 10^6$ Дж/кг, температура замерзания 314,2 К. Вычислите зависимость dP/dT и температуру плавления при $5,065 \cdot 10^7$ Па.

Решение: По уравнению Клаузиса-Клапейрона:

$$1) dP/dT = \frac{\Delta H_{пл}}{T(V_T - V_J)};$$

$$\Delta V = 1/d_{ж} - 1/d_{тв} ; \quad dP/dT = 1,044 \cdot 10^5 / (314,2 \cdot 0,014 \cdot 10^{-2}) = 2,373 \cdot 10^{-7} \text{ Па/К}$$

$$dP/dT = 4,214 \cdot 10^{-8} \text{ К/Па.}$$

2) Чтобы вычислить температуру плавления при заданном внешнем давлении, принимаем, что dP/dT в интервале давлений от $1 \cdot 10^5$ Па до $5,065 \cdot 10^7$ Па величина постоянная, равная $4,214 \cdot 10^{-8}$ К/Па.

Тогда T_2 P_2

$$\int_{T_1} dT = 4,214 \cdot 10^{-8} \int_{P_1} dP ;$$

$$T_2 = 314,2 + 4,214 \cdot 10^{-8} \cdot 5,065 \cdot 10^7 = 316 \text{ К.}$$

Пример 2 Вычислить среднюю теплоту испарения CH_4 в интервале температур от 88,21К до 113К, используя следующие данные.

Дано:

T	88,2	92,2	98,2	104,2	112,2
P	10^{-3} Па	13, 31	26, 52	52, 24	101, 3

Решение: по уравнению

$$\Delta H_{\text{исп}} = 2,3 \cdot 8,314 (112,2 \cdot 88,2) / (112,2 - 88,2) \lg ((1,013 \cdot 10^5) / (8 \cdot 10^3)) = 8,62 \text{ кДж/моль.}$$

Пример 3. Вычислите теплоту испарения диэтилового эфира по уравнениям Клапейрона - Клаузиуса и Трутона, если при нормальной температуре кипения ($307,9 \cdot dP/dT = 3,53 \cdot 10^3$ Па/К).

Решение: Вычисляем теплоту испарения по уравнению, приняв, что пары подчиняются законам идеальных газов и

$$\Delta V \approx V_{\text{пар}}, \quad V_{\text{пар}} = RT/P$$

$$\Delta H_{\text{исп}} = (dP/dT) R T_0^2 \cdot (1/P_0) = 3,53 \cdot 10^3 \cdot 8,314 \cdot 307,9^2 \cdot (1/1,013 \cdot 10^5) = 27,4 \cdot 10^4 \text{ Дж/моль}$$

По данным справочника находим $\Delta H_{\text{исп}} = 2,67 \cdot 10^4$ Дж/моль. То есть отклонение от истинного значения при расчете $\Delta H_{\text{исп}}$ по приближительным уравнениям составило 5,5%.

Пример 4. Вычислить теплоту возгонки металлического цинка, если теплота плавления при температуре тройной точки (692,7К) равна 6,908кДж/моль, а зависимость теплоты испарения от температуры описывается уравнением:

$$\Delta H_{\text{исп}} = 133738,66 - 9,972 \cdot T \text{ (Дж/ моль)}$$

Решение: Согласно уравнению $\Delta H_{\text{возг}} = \Delta H_{\text{исп}} + \Delta H_{\text{пл}}$.

$$\text{Вычисляем } \Delta H_{\text{исп}} = 133738,66 - 9,972 \cdot 692,7 = 126,825 \text{ кДж/моль};$$

$$\text{Вычислим } \Delta H_{\text{возг}} = 126,825 \text{ кДж/моль} + 6,908 = 133,739 \text{ кДж/моль или}$$

$$\Delta H_{\text{возг}} = \Delta H_{\text{пл}} + \Delta H_{\text{исп}} = 6,908 \cdot 10^3 + (133738,66 - 9,972 - 692,7) = 133,739 \text{ кДж/моль.}$$

4.3.1 ЗАДАНИЕ № 3 «ЭЛЕМЕНТЫ ТЕРМОДИНАМИКИ ПАРА»

По зависимости давления насыщенного пара от температуры и плотности данного вещества (А) в твердом и жидком состоянии ($\rho_{\text{тв}}$ и $\rho_{\text{ж}}$ в кг/м³) в тройной точке;

1. Построить график зависимости $\ln P = a (1/T)$.
2. Определить по графику координаты тройной точки.
3. Рассчитать среднюю теплоту испарения и возгонки.
4. Определить $\Delta H_{\text{пл}}$ вещества при температуре тройной точки.
5. Определить приближенно температуру кипения вещества при нормальном давлении и проверить применимость правила Трутона.
6. Вычислить температуру плавления вещества при давлении P , н/м³.

Необходимые данные для расчета взять из таблицы по варианту, соответствующему двум последним цифрам шифра студента.

Таблица вариантов задания № 3

Номер варианта	Твердое состояние	Твердое состояние	Жидкое состояние	Жидкое состояние	Условия
	Т, К	Р, н/м ²	Т, К	Р, н/м ²	
1, 7, 13, 19, 25, 31, 37, 43, 49, 55, 61, 67, 73, 79, 85, 91, 97	268,2	401,2	269,2	505	M = 254 P = 200 · 10 ⁵ $\rho_{\text{тв}} = 3960$ $\rho_{\text{ж}} = 3900$
	269,2	437,2	271,2	533	
	270,2	475,9	273,2	573	
	271,2	517,2	275,2	656	
	272,2	533,2	278,2	760	
			283,2	982	
2, 8, 14, 20, 26, 32, 38, 44, 50, 56, 62, 68, 74, 80, 86, 92, 98	248	7998	260	23330	M = 174 P = 220 · 10 ⁵ $\rho_{\text{тв}} = 954$ $\rho_{\text{ж}} = 948$
	254,4	13300	265	27190	
	258	17995	270	31860	
	259	19995	278	40290	
	260	23327	280	40555	
			282	47990	
3, 9, 15, 21, 27, 33, 39, 45, 51, 57, 63, 69, 75, 81, 87, 93, 99	377	7064	373	10662	M = 154 P = 61 · 10 ⁵ $\rho_{\text{тв}} = 1680$ $\rho_{\text{ж}} = 1650$
	381	8531	388	12397	
	383	9331	392	13997	
	386	10397	393	14796	
	389	11997	397	16929	
	392	13997	401	19462	

4, 10, 16, 22, 28, 34, 40, 46, 52, 58, 64, 70, 76, 82, 88, 94, 100	418 446,5 460,2 475 490,5	133,3 667 1331 2666 5332	490,5 504,8 523 552 583 612	5332 8020 1330 26660 53320 101308	$M = 152$ $P = 600 \cdot 10^5$ $\rho_{(тв)} = 985$ $\rho_{(ж)} = 977$
5, 11, 17, 23, 29, 35, 41, 47, 53, 59, 65, 71, 77, 83, 89, 95	223 237 246 252 253	133 466,5 799,8 1213 1319	244 253 270 286 292 303	1299 1319 2465 3865 4398 7664	$M = 128$ $P = 180 \cdot 10^5$ $\rho_{(тв)} = 1145$ $\rho_{(ж)} = 982$
6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66, 72, 78, 84, 90, 96	423,5 433,2 437,7 441,2 444,2 448,2	23994 31325 35324 39323 43322 47454	446,4 448,2 451,2 457,2 462,2 468,2	47000 47500 49987 55986 63317 71345	$M = 127,5$ $P = 550 \cdot 10^5$ $\rho_{(тв)} = 2970$ $\rho_{(ж)} = 2850$

5. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

МОДУЛЬ 1 «ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Блок №1 «Молекулярно-кинетическая теория агрегатных состояний вещества»

- 1 Газообразное состояние. Идеальный газ.
- 2 Основные газовые законы. Реальные газы. Газовые смеси. Сжижение газов.
- 3 Жидкое состояние вещества.
- 4 Твердое состояние вещества. Плазма.
- 5 Расчеты параметров газов и газовых смесей.
- 6 Расчеты параметров жидких веществ.
- 7 Определение плотности, поверхностного натяжения жидкости и растворов жидкостей.
- 8 Определение характеристик жидкостей (вязкости), влияние температуры и концентрации на вязкость жидкости.

Блок № 2 «Первый закон термодинамики. Термохимия»:

- 1 Термодинамика. Основные понятия и определения.
- 2 Закон сохранения энергии. Первый закон термодинамики. Энтальпия.
- 3 Теплоемкость газов. Формула Майера. Коэффициент Пуансона.

4 Работа расширения. Термохимия. Тепловой эффект реакции. Термохимические уравнения.

5 Теплоты растворения, нейтрализации, разложения, образования, сгорания. Закон Гесса. Формула Коновалова. Закон Кирхгофа.

6 Расчеты изменения энтальпии, тепловых эффектов реакций.

7 Расчеты теплоемкости.

8 Колориметрическое определение удельной теплоты растворения соли, молярной теплоты нейтрализации.

Блок № 3 «Второй закон термодинамики»:

1 Второй закон термодинамики, его сущность. Факторы интенсивности и экстенсивности. КПД цикла Карно.

2 Энтропия. Диаграмма $T - S$.

3 Свободная энергия системы. Изобарно-изотермический и изохорно-изотермический потенциалы.

4 Принцип минимума свободной энергии. Пределы протекания самопроизвольных процессов в изолированных системах.

5 Расчет энтропии, стандартной энергии по Гиббсу и Гельмгольцу.

Блок № 4 «Элементы термодинамики пара»:

1 Характеристики и параметры состояния влажного, сухого, насыщенного, перегретого пара.

2 Способы расчета основных свойств. Значение диаграмм: $T-S$, $I-S$ ($H-S$).

3 Расчет термодинамических свойств пара по формулам и уравнениям. Определение количества тепла, заданной массы пара известных параметров.

Блок № 5 «Химическая кинетика»:

1 Скорость химической реакции. Закон действия масс. Константа скорости реакции. Факторы, влияющие на скорость реакции. Правило Вант-Гоффа.

2 Классификация реакций по молекулярности и порядку. Кинетические уравнения реакций 1-го и 2-го порядка. Период полураспада.

3 Активные молекулы. Потенциальный барьер. Энергия активации. Уравнение Аррениуса.

4 Расчеты кинетических параметров реакций и энергии активации.

5 Определение константы скорости и энергии активации реакции йодирования ацетона.

Блок № 6 «Катализ»:

1 Поверхностные явления. Особенности сорбции, влияние на него различных факторов.

2 Адсорбция на твердых сорбентах. Теория Ленгмюра. Изотермы адсорбции.

3 Ионообменная адсорбция. Хроматография.

4 Катализ.

Блок № 7 «Химическое равновесие»:

1 Обратимость химических реакций. Константа равновесия реакции. Факторы, влияющие на равновесие. Принцип Ле-Шателье.

2 Реакционная способность системы. Стандартная энергия Гиббса и Гельмгольца. Уравнения изобары и изотермы. Определение оптимальных условий реакций.

3 Практическая работа № 8 «Определение констант равновесия исходных и равновесных концентраций веществ»

4 Расчеты определения полезной работы реакций.

5 Равновесие гомогенной химической реакции в растворе.

Блок № 8 «Фазовое равновесие»:

1 Основные понятия фазового равновесия. Правило Гиббса.

2 Диаграммы состояния одно- и двухкомпонентных систем. Анализ диаграмм.

3 Вводно-солевые системы. Криогидратная точка.

Блок № 9 «Растворы»:

1 Процесс растворения. Сольватная теория растворов Д.И.Менделеева.

2 Коллигативные свойства растворов. Осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа.

3 Изотонический коэффициент. Равновесие в системе «пар-раствор». Первый закон Рауля. Второй закон Рауля. Закон Рауля-Дальтона.

4 Первый и второй законы Коновалова.

5 Закон распределения Нернста-Шилова. Законы Генри и Генри-Дальтона.

6 Расчеты коллигативных свойств растворов: состав смеси и процессов перегонки бинарных смесей.

7 Изучение равновесия жидкий раствор – пар в бинарных системах».

8 Определение молярной массы растворенного вещества криоскопическим методом.

Блок № 10 «Электрохимия»:

1 Взаимные превращения электрической и химической энергии. Проводники первого и второго рода.

2 Электродные процессы и электродный потенциал. Электроды сравнения. Формула Нернста. Электрохимический ряд напряжений.

3 Электродвижущая сила (ЭДС). Гальванические элементы.

4 Потенциометрия и рН-метрия.

5 Коррозия металлов: характеристика, особенности, механизм процесса. Методы защиты от коррозии.

6 Расчеты электродных потенциалов. Расчеты по законам Фарадея. Определение выхода по току.

МОДУЛЬ II «ОСНОВЫ КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ»

Блок № 1 «Дисперсные системы»:

1 Основные понятия, способы очистки и получения дисперсных систем, свойства. Грубодисперсные системы.

2 Оптические свойства. Эффект Фарадея-Тиндаля. Электрокинетические свойства коллоидов.

3 Строение и заряд коллоидной частицы. Коагуляция и пептизация золей. ПАВ. Дифильные молекулы.

4 Получение ультрамикроретерогенных систем. Определение порога коагуляции».

Блок № 2 «Растворы высокомолекулярных соединений»:

1 Общая характеристика и особенности. Набухание ВМС. Понятие устойчивости растворов ВМС.

2 Высаливание. Студнеобразование. Стабилизация.

6. ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ УЧЕБНЫХ ИЗДАНИЙ, ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ, ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основные источники:

1. Белик В.В. «Физическая и коллоидная химия». [Текст]: – учебник для студентов средних профессиональных учебных заведений. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007.
2. О.С. Гамеева «Физическая и коллоидная химия». [Текст]: - (учебник) Москва, Химия, 1987 г.
3. О.С. Гамеева «Сборник задач и упражнений по физхимии». [Текст]: - сборник задач. – Москва, Высшая школа, 1980 г.
4. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. К. П. Мищенко, А.А. Равделя, Л. Химия, 1989 г.
5. Электронные презентации учебного материала по всему курсу дисциплины, С.В. Ваганова.

Дополнительные источники:

1. Ахметов Б.В. Физическая и коллоидная химия. [Текст]: – М.: Высшая школа, 1986.
2. Карапетьянц М.Х., Каретников Г.С., Бурмистрова О.А. и др. «Практикум по физической химии»
3. Киреев В. Краткий курс физической химии. [Текст]: – М.: Высшая школа, 1980.
4. Практические работы по физической химии под редакцией Равделя А.А. и Мищенко К.П. [Текст].
5. Эткинс З., «Физическая химия», [Текст]: М., Мир, 2007 г.

Приложения:

1. Сборник практических работ по дисциплине «Физическая и коллоидная химия», [Текст]: С.В. Ваганова. - Министерство образования Пермского края ГБПОУ «Уральский химико-технологический колледж».

2. Сборник лабораторных работ по дисциплине «Физическая и коллоидная химия», [Текст]: С.В. Ваганова. - Министерство образования Пермского края ГБОУ СПО «Уральский химико-технологический колледж».

3. Опорные конспекты по учебным элементам, [Текст]: С.В. Ваганова. - Министерство образования Пермского края ГБПОУ «Уральский химико-технологический колледж».

4. Варианты заданий для самостоятельных расчетных внеаудиторных работ, [Текст]: С.В. Ваганова. - Министерство образования Пермского края ГБПОУ «Уральский химико-технологический колледж».

5. Лекции по физической и коллоидной химия (мультимедиа презентация, печатный вариант), [Текст]: С.В. Ваганова. - Министерство образования Пермского края ГБПОУ «Уральский химико-технологический колледж».

**Энтальпия образования веществ, стандартные энтропии и
температурные коэффициенты в уравнении теплоемкости**

Формула для вычисления теплоемкости $C_p^0 = a + bT + c^1T^2$

Вещество	ΔH^0_{298} , кДж/моль	S^0_{298} , кДж/моль хК	Теплоемкость, Дж/(мольхК)			Темпера- турный ин- тервал, К
			Коэффициенты уравнения $C_p^0 = f(T)$			
			a	b x 10 ³	c ¹ x 10 ⁻⁵	
Простые вещества и неорганические соединения						
Ag (т)	0	42,69	23,98	5,28	-0,25	273-1234
AgNO ₃ -α (т)	-120,7	140,9	36,65	189,1	-	273-433
Ag ₂ O (т)	-30,56	121,7	55,48	29,46	-	298-500
Ag ₂ S-α (т)	(-33,2)	(140,6)	42,38	110,5	-	273-448
Ag ₂ SO ₄ (т)	-713,1	199,9	96,7	117	-	298-597
AgBr (т)	-99,16	107,1	33,18	64,43	-	298-691
AgCl (т)	-126,8	96,07	62,26	4,18	-11,30	273-725
AgI-α (т)	(-64,2)	114,2	24,35	100,8	-	273-423
Ag ₃ PO ₄ (т)	-990,0	258,2	-	-	-	298
Ag ₃ CO ₃ (т)	-506,0	167,0	-	-	-	298
Al (т)	0	28,31	20,67	12,39	-	298-933
Al ₂ O ₃ (корунд)	-1675,0	50,94	114,56	12,89	-34,31	298-1800
Al ₂ (SO ₄) ₃ (т)	-3434,0	239,2	366,3	62,6	-111,6	298-1100
AlF ₃ (т)	-1488,0	66,48	72,26	45,86	-9,62	298-727
AlCl ₃ (т)	-697,4	167,0	55,44	117,15	-	273-453
AlBr ₃ (т)	-526,2	184,0	78,41	78,08	-	298-370
AlI ₃ (т)	-308,0	189,5	-	-	-	298
Al(OH) ₃ (т)	-1294,0	70,1	-	-	-	298
As (т)	0	35,1	21,9	9,29	-	298-1100
AsH ₃ (г)	66,4	223,0	-	-	-	298
As ₂ O ₃ (т)	(-656,8)	107,1	35,02	203,3	-	273-548
AsCl ₃ (г)	-299,2	327,2	82,1	1,0	-5,94	298-2000
As ₂ O ₅ (т)	-918,0	105,4	-	-	-	298
Au (т)	0	47,45	23,68	5,19	-	298-1336
AuCl ₃ (т)	-118,4	164,4	-	-	-	298
Au ₂ O ₃ (т)	-13,0	134,0	-	-	-	298
Au(OH) ₃ (т)	-277,8	121,0	-	-	-	298
B (т)	0	5,87	6,44	18,4	-	273-1200
BCl ₃ (г)	-395,4	289,8	70,54	11,97	-10,21	298-1000
BF ₃ (г)	-1110,0	254,2	52,05	28,03	-8,87	298-1000

Вещество	$\Delta H^0_f, 298,$ кДж/моль	$S^0_{298},$ кДж/моль хК	Теплоемкость, Дж/(мольхК)			Темпера- турный ин- терв., К
			Коэффициенты уравнения $C_p^0 = f(T)$			
			a	b x 10 ³	c ¹ x 10 ⁻⁵	
B ₂ O ₃ (т)	-1264,0	53,85	36,53	106,3	-5,48	298-723
B ₂ H ₆ (г)	38,5	231,8	-	-	-	298
Ba - α (т)	0	(64,9)	22,26	13,8	-	298-643
BaCO ₃ (т)	-1202,0	112,1	86,90	49,0	-11,97	273-1040
BaCl ₂ (т)	-859,8	125,5	71,13	13,97	-	273-1198
Ba(NO ₃) ₂ (т)	-991,6	213,7	125,7	149,4	-16,78	298-850
BaO (т)	-556,6	70,3	53,30	4,35	-8,30-	298-1270
Ba(OH) ₂ (т)	-946,1	103,8	70,7	91,6	-	298-680
BaSO ₄ (т)	-1465,0	131,8	141,4	-	-35,27	273-1300
Be (т)	0	9,54	19,0	8,87	-3,43	298-1173
BeO (т)	-609,0	13,8	-	-	-	298
BeCl ₂ (т)	-496,0	75,8	-	-	-	298
Br ₂ (ж)	0	152,3	-	-	-	298
Br ₂ (т)	30,92	245,35	37,20	0,71	-1,19	298-1500
С графит (т)	0	5,74	17,15	4,27	-8,79	298-2300
С алмаз (т)	1,897	2,38	9,12	13,22	-6,19	298-1200
CO (г)	-110,5	197,4	28,41	4,10	-0,46	298-2500
CO ₂ (г)	-393,51	213,6	44,14	9,04	-8,53	298-2500
COCl ₂ (г)	-223,0	289,2	67,16	12,11	-9,03	298-1000
CS ₂ (ж)	87,8	151,0	-	-	-	298
CS ₂ (г)	115,3	237,8	52,09	6,69	-7,53	298-1800
Ca - α (т)	0	41,62	22,2	13,9	-	273-713
CaH ₂ (т)	-188,7	42,0	-	-	-	298
CaC ₂ - α (т)	-62,7	70,3	68,62	11,88	-8,66	298-720
CaCl (т)	(-785,8)	113,8	71,88	12,72	-2,5	298-1055
CaF ₂ - α (т)	-1214,0	68,87	59,83	30,46	-1,96	298-1000
Ca(NO ₃) ₂ - α (т)	-936,9	193,2	122,9	154,0	-17,28	298-800
CaHPO ₄ (т)	-1820,0	88,0	-	-	-	298
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ (т)	-3114,5	189,5	-	-	-	298
Ca ₃ (PO ₄) ₂ - α (т)	-4125,0	240,9	201,8	166,0	-20,92	298-1373
CaS (т)	-478,3	56,5	42,68	15,90	-	273-1000
CaSO ₄ (т)	-1424,0	106,7	70,21	98,74	-	299-1400
CaSO ₄ x 0,5H ₂ O (т)	-1578,9	130,0	-	-	-	298
CaSO ₄ x 2H ₂ O (т)	-2024,8	194,0	-	-	-	298
CaSiO ₃ (т)	-1636,0	81,98	-	-	-	298

Вещество	$\Delta H^0_f, 298,$ кДж/моль	$S^0_{298},$ кДж/моль хК	Теплоемкость, Дж/(мольхК)			Темпера- турный ин- терв., К
			Коэффициенты уравнения $C_p^0 = f(T)$			
			a	b x 10 ³	c ¹ x 10 ⁻⁵	
CaO ₂ (т)	-651,7	43,1	-	-	-	298
CaCO ₃ (т)	-1206,0	92,9	104,5	21,92	-25,94	298-1200
CaO (т)	-635,1	39,7	49,63	4,52	-6,95	298-1800
Ca(OH) ₂ (т)	-986,2	(83,4)	105,2	12,0	-19,0	298-600
Cd - α (т)	0	51,76	22,22	12,30	-	273-594
CdCl ₂ (т)	-389,0	115,3	61,25	40,17	-	273-841
CdO (т)	-256,1	54,8	40,38	8,70	-	273-1200
CdS (т)	-144,3	71,0	54,0	3,8	-	273-1273
CdSO ₄ (т)	-925,9	(123,1)	77,32	77,40	-	298-1273
					-	
Cl ₂ (г)	0	223,0	36,69	1,05	-2,52	273-1500
Cl ₂ O (т)	75,7	266,3	53,18	3,35	-7,78	298-2000
ClO ₂ (т)	104,6	251,3	48,28	7,53	-7,74	298-1500
Cl ₂ O ₇ (ж)	-251,0	-	-	-	-	298
Cl ₂ O ₇ (г)	-285,0	-	-	-	-	298
Co - α (т)	0	30,04	21,38	14,31	-0,88	298-650
CoCl ₂ (т)	-325,4	106,6	60,29	61,09	-	298-1000
CoSO ₄ (т)	-867,9	113,3	125,9	41,51	-	298-700
CoCO ₃ (т)	-722,6	-	-	-	-	298
CoCl ₂ (т)	-310,2	109,7	-	-	-	298
CoBr ₂ (т)	-232,2	135,6	-	-	-	298
CoI ₂ (т)	-102,1	158,2	-	-	-	298
Co(NO ₃) ₂ (т)	-421,8	192,0	-	-	-	298
Co(NO ₃) ₂ x 6H ₂ O(т)	-1655,6	-	-	-	-	298
CoO (т)	-239,7	52,8	-	-	-	298
Co(OH) ₂ (т)	-541,0	82,0	-	-	-	298
Co(OH) ₃ (т)	-726,0	100,0	-	-	-	298
CoS (т)	-84,5	-	-	-	-	298
Co ₃ O ₄ (т)	-880,0	103,0	-	-	-	298
Cr (т)	0	23,76	24,43	9,87	-	298-1823
CrO ₃ (т)	-594,5	72,0	-	-	-	298
Cr ₂ O ₃ (т)	-1141,0	81,1	119,4	9,20	-	350-1800
CrCl ₃ (т)	-554,8	122,9	81,34	29,41	-	286-319
CrCl ₂ (т)	-395,7	115,7	-	-	-	298
CrO ₂ Cl ₂ (ж)	-598,7	209,2	-	-	-	298
Cr(OH) ₂ (т)	-669,0	81,2	-	-	-	298
Cr(OH) ₃ (т)	-995,0	95,4	-	-	-	298

Вещество	$\Delta H^0_f, 298,$ кДж/моль	$S^0_{298},$ кДж/моль хК	Теплоемкость, Дж/(мольхК)			Темпера- турный ин- терв., К
			Коэффициенты уравнения $C_p^0 = f(T)$			
			a	b x 10 ³	c ¹ x 10 ⁻⁵	
Cr ₂ (SO ₄) ₃ (т)	-3308,0	287,9	-	-	-	298
Cr ₃ C ₂ (т)	-79,5	85,4	-	-	-	298
CrS (т)	-176,0	65,0	-	-	-	298
Cu (т)	0	33,3	22,64	6,28	-	298-1356
CuO (т)	(-165?3)	42,64	38,79	20,08	-	298-1250
CuS (т)	-48,5	66,5	42,05	11,05	-	273-1273
CuSO ₄ (т)	-771,1	113,3	78,53	71,96	-	298-900
Cu ₂ O (т)	-167,36	93,93	62,34	23,85	-	298-1200
Cu(NO ₃) ₂ (т)	-310,0	198,0	-	-	-	298
CuCl (т)	-134,7	91,6	43,9	40,6	-	273-695
CuCl ₂ (т)	-205,9	113,0	64,52	50,21	-	273-773
Cu ₂ S (т)	-82,01	119,24	39,24	130,54	-	298-376
CuCO ₃ (т)	-595,4	88,0	-	-	-	298
CuI (т)	-68,0	96,7	-	-	-	298
Cu(OH) ₂ (т)	-444,6	84,0	-	-	-	298
(CuOH) ₂ CO ₃ (т)	-1051,0	211,6	-	-	-	298
CuSO ₄ x 5H ₂ O (т)	-2280,8	300,4	-	-	-	298
F ₂ (т)	0	202,9	34,69	1,84	-3,35	273-2000
Fe – α (т)	0	27,15	19,25	21,0	-	298-700
FeO (т)	-263,68	58,79	52,80	6,24	-3,1	298-1600
Fe ₂ O ₃ (т)	-821,32	89,96	97,74	72,13	-12,89	298-1000
Fe ₃ O ₄ (т)	-1117,71	151,46	167,03	78,91	-41,82	298-900
FeS (т)	-95,40	67,36	21,71	110,5	-	298-400
FeS ₂ (т)	-177,40	53,14	74,81	5,52	-12,76	298-1000
FeCO ₃ (т)	-747,68	92,88	48,66	112,13	-	298-855
FeSO ₄ (т)	-922,57	107,53	-	-	-	298
FeSO ₄ x 7H ₂ O (т)	-3017,8	409,5	-	-	-	298
FeCl ₂ (т)	-341,98	118,1	-	-	-	298
FeCl ₃ (т)	-399,7	142,4	-	-	-	298
Fe(OH) ₂ (т)	-562,1	88,0	-	-	-	298
Fe(OH) ₃ (т)	-827,2	105,0	-	-	-	298
FeTiO ₃ (т)	-1235,5	105,9	-	-	-	298
Fe ₂ (SO ₄) ₃ (т)	-2582,0	283,0	-	-	-	298
Fe ₃ C (т)	25,0	108,0	-	-	-	298
H ₂ (т)	0	130,6	27,28	3,26	0,502	298-3000
HBr (т)	-35,98	198,40	26,15	5,86	1,09	298-1600

Вещество	$\Delta H^0_f, 298,$ кДж/моль	$S^0_{298},$ кДж/моль хК	Теплоемкость, Дж/(мольхК)			Темпера- турный ин- терв., К
			Коэффициенты уравнения $C_p^0 = f(T)$			
			a	b x 10 ³	c ¹ x 10 ⁻⁵	
HCl _(г)	-92,30	186,70	26,53	4,60	1,09	298-2000
HF _(г)	-268,61	173,51	27,70	2,93	-	298-2000
HI _(г)	25,94	206,30	26,32	5,94	0,92	298-1800
H ₂ O _(г)	-241,81	188,74	30,0	10,71	0,33	298-2500
H ₂ O _(ж)	-285,84	69,96	-	-	-	298
H ₂ O ₂ _(ж)	-187,02	105,86	53,60	117,15	-	298-450
H ₂ S _(г)	-20,15	205,64	29,37	15,40	-	298-1800
HNO ₃ _(ж)	-173,0	156,16	-	-	-	300
HNO ₃ _(г)	-133,90	266,39	-	-	-	300
H ₂ SO ₄ _(ж)	-811,30	156,90	-	-	-	298
H ₃ PO ₄ _(ж)	(-1271,94)	20,83	-	-	-	298
H ₃ BO ₃ _(т)	-1094,0	88,8	-	-	-	298
HClO ₄ _(ж)	-34,5	188,4	-	-	-	298
H ₂ SiO ₃ _(т)	-1189,1	-	-	-	-	298
H ₂ SiO ₄ _(т)	-1480,0	-	-	-	-	298
H ₂ TcO ₄ _(т)	-690,5	139,8	-	-	-	298
H ₂ WO ₄ _(т)	-1172,4	117,2	-	-	-	298
K _(т)	0	64,35	-	-	-	298-336
Kal(SO ₄) ₂ _(т)	-2465,0	204,5	234,10	82,34	-	298-1000
KBr _(т)	-392,04	96,65	48,37	13,89	-	298-543
KI _(т)	-327,61	104,35	50,63	8,16	-	273-955
KOH _(т)	-425,93	59,41	-	-	-	298
K ₂ CrO ₄ _(т)	-1383,0	200,0	-	-	-	298
K ₂ Cr ₂ O ₇ _(т)	-2033,0	291,21	179,08	171,54	-	298-671
K ₂ SO ₄ _(т)	-1433,44	175,73	120,37	99,58	-	287-371
K ₂ CO ₃ _(т)	-1153,0	155,5	-	-	-	298
KCl _(т)	-435,85	82,68	41,38	21,76	-	298-1000
KClO ₃ _(т)	-391,20	142,97	-	-	-	289-371
KMnO ₄ _(т)	-813,37	171,71	-	-	-	273-401
KNO ₃ - α _(т)	-492,71	132,93	60,88	118,83	-	298
KNO ₂ _(т)	-370,6	152,1	-	-	-	298
KClxMgCl ₂ x6H ₂ O _(т)	-2946,0	-	-	-	-	298
K ₂ O ₂ _(т)	-440,0	120,0	-	-	-	298
K ₂ S ₂ O ₈ _(т)	-1918,0	278,7	-	-	-	298
KClO ₄ _(т)	-427,2	151,0	-	-	-	298
K ₂ SiO ₃ _(т)	-1590,0	146,1	-	-	-	298
K ₂ S _(т)	-387,0	113,0	-	-	-	298
KO ₂ _(т)	-283,0	117,0	-	-	-	298
K ₂ O _(т)	-363,2	94,1	-	-	-	298

Вещество	$\Delta H^0_f, 298,$ кДж/моль	$S^0_{298},$ кДж/моль хК	Теплоемкость, Дж/(мольхК)			Темпера- турный ин- терв., К
			Коэффициенты уравнения $C_p^0 = f(T)$			
			a	b x 10 ³	c ¹ x 10 ⁻⁵	
K ₃ PO ₄ (т)	-1988,0	212,0	-	-	-	298
KF (т)	-566,0	66,5	-	-	-	298
Li (т)	0	28,03	12,76	35,98	-	273-454
Li ₂ O (т)	-595,8	37,87	-	-	-	298
Li ₂ CO ₃ (т)	-1215,0	90,2	-	-	-	298
LiOH (т)	-484,9	42,8	-	-	-	298
Li ₂ SO ₄ (т)	-1437,2	114,0	-	-	-	298
LiCl (т)	-408,4	59,3	-	-	-	298
Mg (т)	0	32,55	22,3	10,64	-0,42	298-923
MgCO ₃ (т)	-1096,21	65,69	77,91	57,74	-17,41	298-750
MgO (т)	-601,24	26,94	42,59	7,28	-6,19	298-1100
Mg(OH) ₂ (т)	-924,66	63,14	54,56	66,11	-	298-600
MgSO ₂ x6H ₂ O	-3083,0	352,0	-	-	-	298
MgCl ₂ (т)	-641,83	89,54	79,08	5,94	-8,62	298-900
MgSO ₄ (т)	-1287,4	91,5	-	-	-	298
						298
Mn (т)	0	31,76	23,85	14,14	-1,59	298-1000
MnCO ₃ (т)	-894,96	85,77	92,01	38,91	-19,62	298-700
MnO (т)	-384,93	60,25	46,48	8,12	-3,68	298-2000
MnO ₂ (т)	-519,65	53,14	69,45	10,21	-16,23	273-773
Mn ₃ O ₄ (т)	-1386,58	148,53	144,90	45,27	-9,2	298-1350
Mn ₂ O ₇ (т)	-726,0	-	-	-	-	298
Mn ₂ O ₃ (т)	-959,81	110,46	103,50	35,06	-13,51	273-1000
MnS (т)	-205,02	78,23	47,70	7,53	-	298-1800
Mn(OH) ₂ (т)	-700,0	95,0	-	-	-	298
Mn ₃ C (т)	5,6	99,0	-	-	-	298
MnSiO ₃ (т)	-1321,0	89,0	-	-	-	298
MnSO ₄ (т)	-1066,7	112,0	-	-	-	298
N ₂ (г)	0	191,5	27,87	4,27	-	298-2500
NH ₃ (г)	-46,19	192,50	29,80	25,48	-1,67	298-1800
NH ₄ Cl-β (г)	-315,39	94,56	49,37	133,89	-	298-458
NH ₄ NO ₃ (г)	-365,10	150,60	-	-	-	298
NH ₄ NO ₃ (г)	-256,1	-	-	-	-	298
NO (г)	90,37	210,62	29,58	3,85	-0,59	298-2500
NO ₂ (г)	33,89	240,45	42,93	8,54	-6,74	298-2000
NOCl (г)	52,59	263,5	44,89	7,7	-6,95	298-2000
NF ₃ (г)	-124,3	260,1	-	-	-	298

Вещество	$\Delta H^0_f, 298,$ кДж/моль	$S^0_{298},$ кДж/моль хК	Теплоемкость, Дж/(мольхК)			Темпера- турный ин- терв., К
			Коэффициенты уравнения $C_p^0 = f(T)$			
			a	b x 10 ³	c ¹ x 10 ⁻⁵	
NOBr (г)	82,2	273,5	-	-	-	298
NOF (г)	-66,5	247,9	-	-	-	298
NOI (г)	100,0	282,8	-	-	-	298
N ₂ H ₄ (г)	95,40	238,36	-	-	-	298
N ₂ H ₄ (ж)	50,53	121,4	-	-	-	298
N ₂ O (г)	81,55	220,0	45,69	8,62	-8,53	298-2000
N ₂ O ₃ (г)	83,3	307,3	-	-	-	298
N ₂ O ₄ (г)	9,37	304,3	83,89	39,75	-14,9	298-1000
N ₂ O ₅ (г)	-12,0	356,0	-	-	-	298
NH ₄ SCN (г)	-82,1	140,34	-	-	-	298
NH ₄ ClO (г)	-296,0	184,3	-	-	-	298
NH ₄ HCO ₃ (г)	-850,8	121,0	-	-	-	298
(NH ₄) ₂ CO ₃ (г)	(-929,0)	-	-	-	-	298
(NH ₄) ₂ S (г)	(-167,0)	-	-	-	-	298
(NH ₄) ₂ SO ₄ (г)	-1181,05	220,2	-	-	-	298
(NH ₄) ₂ PO ₄ (г)	-1672,6	(258,83)	-	-	-	298
NH ₄ VO ₃ (г)	-1050,0	140,45	-	-	-	298
NH ₄ Al(SO ₄) ₂ (г)	-2347,0	216,2	-	-	-	298
(NH ₄) ₂ SO ₄ (г)	-1179,3	220,3	103,64	281,16	-	275-600
NH ₄ Cr(SO ₄) ₂ x12H ₂ O(г)	-5562,0	712,0	-	-	-	298
Ga (г)	0	41,09	-	-	-	298
Ga (г)	-524,7	133,4	-	-	-	298
Ga (г)	-1014,6	84,9	-	-	-	298
Ge (г)	0	42,38	23,8	16,8	-	298-1213
Ge (г)	-554,7	55,27	-	-	-	298
Ge (г)	-504,6	347,7	-	-	-	298
Hg (ж)	0	76,1	-	-	-	298
HgCl ₂ (г)	-230,12	144,35	64,02	43,10	-	273-553
Hg ₂ Cl ₂ (г)	-264,85	195,81	92,47	30,96	-	273-798
HgO (г)	-90,37	73,22	-	-	-	278-371
HgS (г)	-58,16	81,59	45,61	15,27	-	278-853
I ₂ (г)	0	116,73	40,12	49,79	-	298-387
I ₂ (г)	62,24	260,58	37,40	0,59	-0,71	298-3000
In (г)	0	(58,1)	20,26	21,6	-	298-430

Вещество	$\Delta H^0_f, 298,$ кДж/моль	$S^0_{298},$ кДж/моль хК	Теплоемкость, Дж/(мольхК)			Темпера- турный ин- терв., К
			Коэффициенты уравнения $C_p^0 = f(T)$			
			a	$b \times 10^3$	$c^1 \times 10^{-5}$	
Na (т)	0	51,42	20,92	22,43	-	298-371
NaAlO ₂ (т)	-1133,0	70,71	87,95	17,7	-17,74	298-1900
NaCl (т)	-410,9	72,36	45,94	16,32	-	298-1073
NaF (т)	-570,3	51,3	43,51	16,23	-1,38	298-1265
NaBr (т)	-359,8	83,7	49,66	8,79	-	298-550
NaI (т)	-287,9	91,2	52,30	6,78	-	298-936
NaNO ₃ - α (т)	-466,5	116,3	25,69	225,94	-	298-550
NaOH - α (т)	-426,6	64,18	7,34	125,0	-13,38	298-566
Na ₂ S (т)	-389,1	94,1	82,88	68,61	-	298-1000
Na ₂ SO ₃ (т)	-1090,0	146,0	-	-	-	298
Na ₂ SO ₄ - α (т)	-1384,0	149,4	65,0	220,9	-	298-518
Na ₂ SiO ₃ (т)	-1518,0	113,8	130,3	40,17	-27,02	298-1360
Na ₃ AlF ₆ - α (т)	-3283,6	238,5	192,25	123,46	-11,63	298-845
Na ₃ PO ₄ (т)	-192,5	224,7	-	-	-	298
NaHCO ₃ (т)	-947,4	102,1	-	-	-	298
Na ₂ CO ₃ - α (т)	-1129,0	136,0	70,63	135,6	-	298-723
Na ₂ CO ₃ x10H ₂ O(т)	-4077,0	2172,0	-	-	-	298
Na ₂ O (т)	-430,6	71,7	65,69	22,59	-	298-1100
Na ₂ O ₂ (т)	-510,9	93,3	69,87	65,26	-	298-865
Ni (т)	0	29,86	16,99	29,46	-	298-630
NiO - α (т)	-239,7	38,07	-20,88	157,23	16,28	298-523
NiS (т)	-92,88	67,36	38,70	53,56	-	298-600
NiSO ₄ x7H ₂ O (т)	-2977,0	378,9	-	-	-	298
NiSO ₄ (т)	-889,1	97,1	125,9	41,58	-	298-1200
Ni(OH) ₂ (т)	-543,0	79,9	-	-	-	298
NiCO ₃ (т)	-694,0	86,2	-	-	-	298
Ni(NO ₃) ₂ x6H ₂ O (т)	-2215,0	511,0	-	-	-	298
NiCl ₂ (т)	-304,0	98,1	-	-	-	298
O ₂ (г)	0	205,03	31,46	3,39	-3,77	298-3000
O ₃ (г)	142,3	238,8	47,03	8,03	-9,04	298-1000
P бел.(г)	0	44,35	-	-	-	273-317
P красн. (т)	-18,41	22,8	19,83	16,32	-	298-800
P ₂ (г)	141,5	218,1	35,86	1,15	-3,68	273-2000
P ₄ O ₁₀ (т)	-3096,0	280,0	70,08	451,9	-	298-631
P ₄ O ₆ (т)	-1569,0	-	-	-	-	298
PH ₃ (г)	5,44	210,1	-	-	-	298
PCl ₃ (г)	-277,0	311,7	80,12	3,1	-7,99	298-1000

Вещество	$\Delta H^0_f, 298,$ кДж/моль	$S^0_{298},$ кДж/моль хК	Теплоемкость, Дж/(мольхК)			Темпера- турный ин- терв., К
			Коэффициенты уравнения $C_p^0 = f(T)$			
			a	b x 10 ³	c ¹ x 10 ⁻⁵	
PCl ₅ (г)	-369,5	362,9	129,5	2,92	-16,4	298-1500
PF ₃ (г)	-956,5	272,6	-	-	-	298
PF ₅ (г)	-1593,0	293,0	-	-	-	298
Pb (т)	0	64,9	23,93	8,70	-	273-600
PbO (т)	-217,86	67,4	37,87	26,78	-	298-1000
PbO ₂ (т)	-276,6	76,44	53,14	32,64	-	298-1000
Pb ₃ O ₄ (т)	-734,5	211,3	-	-	-	298
PbBr ₂ (т)	-277,0	161,4	77,78	9,2	-	298-643
PbCl ₂ (т)	-359,1	136,4	66,78	33,47	-	298-700
PbI ₂ (т)	-175,1	176,4	75,31	19,66	-	298-685
PbSO ₄ (т)	-918,1	147,28	45,86	129,70	17,57	298-1100
PbCO ₃ (т)	-700,0	130,96	51,84	119,7	-	289-800
Pb(NO ₃) ₂ (т)	-451,7	217,9	-	-	-	298
PbSiO ₃ (т)	-1137,2	110,0	-	-	-	298
PbCrO ₄ (т)	-925,0	167,0	-	-	-	298
PbS (т)	-94,28	91,20	37,32	-	2,05	298-900
Pt (т)	0	41,8	24,02	5,61	-	298-1900
PtCl ₂ (т)	-118,0	130,0	-	-	-	298
PtCl ₄ (т)	-226,0	209,0	-	-	-	298
S ромб. (т)	0	31,88	14,98	26,11	-	273-368
S монокл. (т)	0,30	32,55	14,90	29,08	-	368-392
S ₂ (г)	(129,1)	227,7	36,11	1,09	-3,52	273-2000
SO ₂ (г)	-292,9	248,1	42,55	12,55	-5,65	298-1800
SOCl ₂ (ж)	-247,0	278,6	-	-	-	298
SO ₂ Cl ₂ (ж)	-389,1	217,2	-	-	-	219-342
SO ₂ Cl ₂ (г)	-358,7	311,3	53,72	79,50	-	298-500
SO ₃ (г)	-395,2	256,23	57,32	26,86	-13,05	298-1200
Sb (т)	0	(45,69)	23,1	7,28	-	298-903
Sb ₂ O ₃ (т)	-700,0	123,0	79,91	71,55	-	273-930
Sb ₂ O ₅ (т)	-880,0	125,1	-	-	-	298
Sb ₂ S ₃ (т)	-160,0	166,6	101,3	55,20	-	273-821
Si (т)	0	18,72	24,02	2,58	-4,23	273-1174
SiO ₂ кварц – α (т)	-859,3	42,09	46,94	34,31	-11,3	298-848
SiCl ₄ (ж)	-671,4	239,7	-	-	-	298-331
SiF ₄ (г)	-1548,0	281,6	91,46	13,26	-19,66	298-1000

Вещество	$\Delta H^0_f, 298,$ кДж/моль	$S^0, 298,$ кДж/моль хК	Теплоемкость, Дж/(мольхК)			Темпера- турный ин- терв., К
			Коэффициенты уравнения $C_p^0 = f(T)$			
			a	b x 10 ³	c ¹ x 10 ⁻⁵	
SiH ₄ (г)	30,6	204,7	-	-	-	298
Si ₂ H ₆ (г)	71,5	274,5	-	-	-	298
Sn (т)	0	51,4	18,49	26,36	-	273-505
SnS (т)	-101,8	77,0	35,69	31,30	-3,77	298-875
SnO (т)	-286,0	56,74	39,96	14,64	-	298-1273
SnO ₂ (т)	-580,8	52,34	73,89	10,04	-21,59	273-1500
SnCl ₂ (т)	-349,6	136,0	67,78	38,74	-	298-520
SnCl ₄ (т)	-544,9	258,5	-	-	-	298-388
SnH ₄ (г)	16,3	228,7	-	-	-	298
Sn(OH) ₂ (т)	-506,3	87,7	-	-	-	298
Sr (т)	0	54,4	23,43	5,73	-	298-508
SrO (т)	-590,3	55,6	-	-	-	298
SrSO ₄ (т)	-1444,0	121,7	91,2	55,65	-	288-1500
Te (т)	0	49,71	23,8	6,28	-	273-620
TeO ₂ (т)	-325,5	73,7	57,95	28,74	-	298-1000
Ti (т)	0	30,66	22,09	10,04	-	298-1155
TiCl ₄ (г)	-759,8	352,0	106,5	1,0	-9,87	298-2000
TiO ₂ рутил·(т)	-943,9	50,23	71,71	4,1	-14,64	298-1800
Ti ₂ O ₃ (т)	-1520,5	78,8	-	-	-	298
Tl - α (т)	0	64,22	22,01	14,48	-	273-505
Tl ₂ O (т)	-167,4	161,1	-	-	-	298
Tl ₂ O ₃ (т)	-390,4	148,1	-	-	-	298
TlCl (т)	-204,97	111,2	50,21	8,37	-	298-700
V (т)	0	28,9	-	-	-	298
VCl ₃ (т)	-582,4	131,0	-	-	-	298
VO (т)	-418,0	38,9	-	-	-	298
V ₂ O ₃ (т)	-1238,0	98,3	-	-	-	298
V ₂ O ₅ (т)	-1573,0	130,96	-	-	-	298
W (т)	0	32,76	24,02	3,18	-	273-2000
WO ₃ (т)	-843,0	75,9	-	-	-	298
Zn (т)	0	41,59	22,38	10,04	-	273-693
ZnO (т)	-349,0	43,5	48,99	5,10	-9,12	273-1573

Вещество	$\Delta H^0_f, 298,$ кДж/моль	$S^0_{298},$ кДж/моль хК	Теплоемкость, Дж/(мольхК)			Темпера- турный ин- терв., К
			Коэффициенты уравнения $C_p^0 = f(T)$			
			a	$b \times 10^3$	$c^1 \times 10^{-5}$	
ZnS (т)	-201,0	57,7	50,88	5,19	-5,69	298-1200
ZnCO ₃ (т)	-810,7	82,4	38,9	138,0	-	293-573
ZnSO ₄ (т)	-978,2	124,6	71,42	87,03	-	298-1000
Zr – α (т)	0	38,9	28,58	4,69	-3,81	298-1135
ZrCl ₄ (т)	982,0	186,1	133,6	-	-12,18	298-550
ZrO ₂ – α (т)	-1094,0	50,32	69,62	7,53	-14,06	298-1478

Органические соединения

Формула для вычисления теплоемкости $C_p^0 = a + bT + cT^2$

Вещество	$\Delta H^0_f, 298,$ кДж/моль	$S^0_{298},$ кДж/мольхК	Теплоемкость, Дж/(мольхК)			Темпера- турный ин- тервал, К
			Коэффициенты уравнения $C_p^0 = f(T)$			
			a	$b \times 10^3$	$c \times 10^6$	
CH ₄ (г) метан	-74,85	186,19	17,45	60,46	1,117	298-1500
C ₂ H ₂ (г) ацетилен	226,75	200,8	23,46	85,77	-58,34	298-1500
C ₂ H ₄ (г) этилен	52,28	219,4	4,196	154,59	-81,09	298-1500
C ₂ H ₆ (г) этан	-84,67	229,5	4,494	182,26	-74,86	298-1500
C ₃ H ₈ (г) пропан	-103,9	269,9	-4,80	307,3	-160,16	298-1500
C ₆ H ₆ (ж) бензол	49,04	173,2	59,50	255,02	-	281-353
C ₆ H ₆ (г) бензол	82,93	269,2	-33,90	471,87	-298,34	298-1500
C ₆ H ₁₂ (г) циклогексан	-123,1	298,2	-51,72	598,8	-230,0	298-1000
C ₆ H ₈ (г) толуол	50,0	319,7	-33,88	557,0	-342,4	298-1500
CH ₂ O (г) муравьиный альдегид	-115,9	218,8	18,82	58,38	-15,61	298-1500
CH ₂ O ₂ (г) муравьиная кислота	-376,7	251,6	19,4	112,8	-47,5	298-1000
H ₂ C ₂ O ₄ (г) щавелевая кислота	-826,8	120,1	-	-	-	298
C ₂ H ₄ O (г) оксид этилена	-51,0	243,7	-9,60	232,1	-140,5	298-1000
C ₂ H ₅ OH (ж) этиловый спирт	-227,6	160,7	-	-	-	298

C ₂ H ₅ OH (г) этиловый спирт	-235,3	282,0	19,07	212,7	-108,6	298-1500
C ₂ H ₆ O ₂ (ж) этиленгликоль	-454,9	179,5	-	-	-	298
C ₂ H ₆ O ₂ (г) этиленгликоль	-397,9	323,5	-	-	-	298
CH ₃ OH (ж) метиловый спирт	-238,7	126,7	-	-	-	298
CH ₃ OH (г) метиловый спирт	-201,2	239,7	15,28	105,2	-31,04	298-1000
CH ₃ COOH (ж) уксусная кислота	-484,9	159,8	-	-	-	298
CH ₃ COOH (г) уксусная кислота	-437,4	282,5	5,56	243,5	-151,9	298-1500

Органические соединения

Формула для вычисления теплоемкости $C_p^0 = a + bT + cT^2$

Вещество	$\Delta H^0_f, 298,$ кДж/моль	$S^0, 298,$ кДж/моль·К	Теплоемкость, Дж/(моль·К)			Температурный интервал, К
			Коэффициенты уравнения $C_p^0 = f(T)$			
			a	b x 10 ³	c x 10 ⁶	
(CH ₃) ₂ CO (ж) ацетон	-247,7	200	-	-	-	298
(CH ₃) ₂ CO (г) ацетон	-216,4	294,9	22,47	201,8	-63,5	298-1500
C ₃ H ₈ O ₃ (ж) глицерин	-659,4	207,9	-	-	-	298
C ₆ H ₅ OH (т) фенол	-162,8	142,0	-	-	-	298
(CH ₃) ₂ O (г) диметиловый эфир	-184,1	267,1	16,18	183,9	-58,7	298-1000
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ (т) сахароза	-2221,0	360,0	-	-	-	298
CCl ₄ (г)	-106,7	309,7	97,65	9,62	-15,06	298-1000
CCl ₄ (ж)	-139,3	214,4	-	-	-	298
CHCl ₃ (ж) хлороформ	-131,8	202,0	-	-	-	298
CHCl ₃ (г) хлороформ	-100,4	295,6	81,38	16,0	-18,7	298-1000
C ₅ H ₅ N (ж) пиридин	99,95	177,9	-	-	-	298
C ₅ H ₅ N (г) пиридин	140,2	282,8	-38,60	479,5	-326,6	298-1500
C ₆ H ₅ NH ₂ (ж) анилин	29,7	192,0	-	-	-	298

$C_6H_5NH_2$ (г) ани- лин	82,4	301,0	-	-	-	298
$(NH_2)_2CO$ (г) мо- чевина	-333,1	104,6	-	-	-	298
$C_6H_5NO_2$ (ж) нит- робензол	11,2	224,3	-	-	-	298