

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю. А.»

Кафедра « Промышленная теплотехника »

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

« Б.1.3.3.1 Физико-химические основы теплотехнических,  
теплоэнергетических и теплотехнологических процессов »

направления подготовки

« 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника »

Профиль « Промышленная теплоэнергетика »

*(для дисциплин, реализуемых в рамках профиля)*

форма обучения – очная  
курс – 2  
семестр – 4  
зачетных единиц – 6  
часов в неделю – 6  
академических часов – 216,  
в том числе:  
лекции – 42  
коллоквиум - 12  
практические занятия – 36  
лабораторные занятия – 18  
самостоятельная работа – 108  
зачет с оценкой – 4  
экзамен – нет  
РГР – нет  
курсовая работа – нет  
курсовой проект – нет

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Цель преподавания дисциплины: дисциплина “Физико-химические основы теплотехнических, теплоэнергетических и теплотехнологических процессов” является одним из основных предметов в учебном плане подготовки бакалавров по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Целью изучения дисциплины является изучение общих законов и принципов теплотехнологических процессов для последующего проектирования и эксплуатации теплотехнологических установок в основных отраслях промышленности.

Задачи изучения дисциплины: понимание физико-химических основ теплотехнологических процессов; изучение вопросов равновесия и кинетики химических процессов, протекающих в теплотехнологическом оборудовании промышленных предприятий; изучение химических процессов протекающих в системах и комплексах низкотемпературной и высокотемпературной теплотехнологии; изучение химических свойств газов, жидкостей, используемых как теплоносители и рабочие тела; методы расчета физико-химических параметров веществ и процессов; основы кинетических закономерностей протекания гомогенных и гетерогенных физико-химических процессов.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП ВПО**

Дисциплина относится к вариативной части основной образовательной программы подготовки бакалавров направления 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника".

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Химия», «Физика», «Математика», «Экология».

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций: ОПК-2, ПК-2.

ОПК-2 - способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

ПК-2 - способностью проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием

стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием.

В результате обучения:

Студент должен знать:

- основные физико-химические процессы, протекающие в теплотехнологическом оборудовании современных производств. (ОПК-2), (ПК-2)

Студент должен уметь:

- проводить расчёты физико-химических процессов по типовым методикам с привлечением соответствующего физико-математического аппарата. (ОПК-2), (ПК-2)

Студент должен владеть:

- навыками практических расчётов различных физико-химических реакций, протекающих в теплотехнологическом оборудовании современных производств, с использованием физико-математического аппарата и стандартных средств автоматизации проектирования. (ОПК-2), (ПК-2)

#### 4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ модуля	№ недели	№ темы	Наименование темы	Часы				
				Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>второй семестр</b>								
1	1-4	1	<i>Первый, второй и третий закон термодинамики и его приложение</i>	74	14	8	16	36
1	5-7	2	<i>Растворы</i>	8	8	-		-
2	8-10	3	<i>Фазовое равновесие и двухкомпонентные системы</i>	46	10	-		36
2	11-14	4	<i>Кинетика химических реакций</i>	52	8	4	4	36
3	15-18	5	<i>Принципы каталитического действия; гомогенный и гетерогенный катализ</i>	36	14	6	16	-
<b>Всего</b>					54	18	36	108

#### 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	6	1-2	<i>Первый закон термодинамики и его приложение:</i> основные	[1-3]

			понятия и определения химической термодинамики; первый закон термодинамики; влияние температуры на теплоемкость; тепловые эффекты реакций; закон Гесса и его применение к расчету тепловых эффектов.	
1	4	3-4	<i>Второй закон термодинамики и его приложение:</i> второй закон термодинамики; энергия Гиббса для смеси газов; условия химического равновесия; закон действующих масс и его использование для расчета состава равновесной системы; уравнение изотермы реакции; уравнение изобары реакции; химическое равновесие в гетерогенных системах.	[1-3]
1	4	5-6	<i>Третий закон термодинамики:</i> расчет изменения стандартной энергии Гиббса и константы равновесия при использовании различных методов; адиабатические реакции.	[1-3]
2	8	7-8	<i>Растворы:</i> классификация растворов; определение парциальных молярных величин; термодинамические свойства идеальных растворов; закон Рауля; температура кипения и замерзания раствора	[2-4]
3	4	9-10	<i>Фазовое равновесие:</i> основные понятия фазового равновесия; правило фаз Гиббса и его применение к однокомпонентным системам; уравнение Клапейрона-Клаузиуса; давление насыщенного пара; диаграммы состояния однокомпонентных систем.	[4-6]
3	6	11-12	<i>Двухкомпонентные системы:</i> применение правила фаз Гиббса для двухкомпонентных систем; равновесие газ - жидкость; равновесие жидкость - жидкость; равновесие пар - жидкость; физико-химические основы перегонки; расчеты по диаграммам состояния.	[4-6]
4	8	13-14	<i>Кинетика химических реакций:</i> общие понятия и определения; закон действующих масс и принцип независимости протекания реакций; кинетика химических реакций в закрытых системах; кинетика реакций в открытых системах.	[5,7]
5	4	15-16	<i>Принципы каталитического действия:</i> понятия и определения; кинетика каталитических реакций; энергия активации.	[5-7]
5	4	17-18	<i>Гомогенный катализ:</i> каталитические реакции; применение в промышленности.	[5-7]
5	6	19-21	<i>Гетерогенный катализ:</i> гетерогенные катализаторы; адсорбция; кинетика гетерогенных реакций; применение в промышленности.	[6,7]

## 6. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	4	1-2	Расчет теплоемкостей веществ и тепловых эффектов химических процессов	[1,8,9]
1	6	3-5	Расчет теплоты образования и сгорания веществ при отсутствии справочных данных	[8-9]
1	6	6-8	Расчет констант равновесия, энергии Гиббса и выхода веществ в химических процессах	[5,9]
4	4	9-10	Расчет кинетических характеристик процессов	[5,9]
5	10	11-15	Расчет равновесных соотношений в гетерогенных бинарных системах, содержащих жидкую и паровую фазы	[2,9]
5	6	16-18	Тепловые и материальные балансы процессов	[2,5]

## 7. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего часов	Наименование лабораторной работы. Вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии
1	2	4
1	3	Генетическая и промышленная классификация основных видов твердого топлива
1	4	Технический анализ твердого топлива
4	3	Изучение теплофизических свойств воды и водяного пара
5	3	Расчет физико-химических свойств природного газа
5	3	Изучение физико-химических основ работы абсорбционной холодильной установки

## 8. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	36	Содержание технологических критериев эффективности теплотехнологических процессов	[5-8]
3	36	Определить характер зависимости теплового эффекта химического процесса «А» (по индивидуальному заданию) от температуры	[1, 2, 8]
4	36	Построение диаграмм фазового равновесия бинарной системы «А-В» (индивидуальное задание) и расчет основных процессов по диаграмме	[1, 2, 8, 9]

## 9. Расчетно-графическая работа

(нет)

## 10. Курсовая работа

(нет)

## 11. Курсовой проект

(нет)

## 12. Фонд оценочных средств для проведения аттестации обучающихся по дисциплине

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины должны сформироваться общепрофессиональные и профессиональные компетенции:

Направление 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»					
Карта компетенций дисциплины					
Компетенции		Части компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Ступени уровней освоения компетенции
Индекс	Формулировка				
ОПК-2	способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем,	<b>Знать:</b> основные физико-химические процессы, протекающие в теплотехнологическом оборудовании современных производств.	Лекции Самостоятельная работа Практические занятия	Тестирование Зачёт	<p><b><u>Пороговый (удовлетворительный)</u></b></p> <p><b>Знает:</b> основные физико-химические процессы, протекающие в теплоэнергетическом и теплотехнологическом оборудовании современных производств.</p>

	возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования				<p><b>Умеет:</b> проводить расчёты физико-химических процессов по типовым методикам.</p>
		<p><b>Уметь:</b> проводить расчёты физико-химических процессов по типовым методикам с привлечением соответствующего физико-математического аппарата.</p>			<p><b>Владеет:</b> навыками практических расчётов различных физико-химических реакций, протекающих в теплотехнологическом оборудовании современных производств, с использованием экспериментальных данных.</p>
		<p><b>Владеть:</b> навыками практических расчётов различных физико-химических реакций, протекающих в теплотехнологическом оборудовании современных производств, с использованием физико-математического аппарата и стандартных средств автоматизации проектирования.</p>			<p><b>Знает:</b> физико-химические процессы, протекающие в теплотехнологическом оборудовании современных производств, аппаратное и конструктивное оформление этих процессов.</p>
					<p><b>Умеет:</b> проводить термодинамический анализ физико-химических процессов, протекающих в теплотехнологическом</p>
					<p><b>Продвинутый (хорошо)</b></p>
					<p><b>Знает:</b> современное теплотехнологическое и теплотехнологическое оборудование и основные физико-химические процессы, протекающие в нём.</p>
					<p><b>Умеет:</b> проводить расчёты физико-химических процессов по типовым методикам и составлять математические модели таких процессов с использованием критериев подобия.</p>
					<p><b>Владеет:</b> навыками практических расчётов различных физико-химических реакций, протекающих в теплотехнологическом оборудовании современных производств, с использованием экспериментальных данных.</p>
					<p><b>Высокий (отлично)</b></p>
					<p><b>Знает:</b> физико-химические процессы, протекающие в теплотехнологическом оборудовании современных производств, аппаратное и конструктивное оформление этих процессов.</p>
					<p><b>Умеет:</b> проводить термодинамический анализ физико-химических процессов, протекающих в теплотехнологическом</p>

					оборудовании с привлечением соответствующего физико-математического аппарата.
					<b>Владеет:</b> навыками практических расчётов различных физико-химических реакций, протекающих в теплотехнологическом оборудовании современных производств, методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов.

Направление 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»					
Карта компетенций дисциплины					
Компетенции		Части компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Ступени уровней освоения компетенции
Индекс	Формулировка				
ПК-2	способностью проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	<b>Знать:</b> основные физико-химические процессы, протекающие в теплотехнологическом оборудовании современных производств.	Лекции Самостоятельная работа Практические занятия	Тестирование Зачёт	<b><u>Пороговый (удовлетворительный)</u></b>
		<b>Уметь:</b> проводить расчёты физико-химических процессов по типовым методикам с привлечением соответствующего физико-математического аппарата.			<b>Знает:</b> Знает основные методы расчёта теплоты, скорости и направления протекания химических реакций.
		<b>Владеть:</b> навыками практических расчётов различных физико-химических реакций, протекающих в теплотехнологическом оборудовании современных производств, с использованием			<b>Умеет:</b> объяснять принципы методов расчёта химических реакций, проводит анализ результатов, формулирует выводы.
		<b>Владеет:</b> базовыми материалами по дисциплине, необходимый для решения практических задач.			<b><u>Продвинутый (хорошо)</u></b>
					<b>Знает:</b> Знает и объясняет принципы методов расчёта химических реакций.
					<b>Умеет:</b> проводит анализ результатов расчёта, формулирует выводы.
					<b>Владеет:</b> основным материалом по курсу, который может применить к практическим примерам
					<b><u>Высокий (отлично)</u></b>
					<b>Знает:</b> способен грамотно аргументировать выбор того или иного метода расчёта физико-химических процессов.
					<b>Умеет:</b> строить зависимости с помощью компьютерных программ, определяет погрешности

		физико-математического аппарата и стандартных средств автоматизации проектирования.			расчёта. <b>Владеет:</b> свободно владеет материалом курса, самостоятельно ставит задачи и приводит их обоснованное решение, с использованием физико-математического аппарата и стандартных средств автоматизации проектирования.
--	--	---	--	--	--

### Критерии оценивания

#### Содержательные

- демонстрация теоретических знаний;
- демонстрация приобретенных умений и навыков;
- достоверность представленных сведений – в тексте докладов (презентаций) должны содержаться ссылки на все использованные источники информации;
- логичность, аргументированность изложения;
- выражение собственного мнения, основанного на научном подходе;

#### Формальные

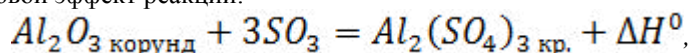
- четкая структура ответа или доклада;
- наглядность визуальных (иллюстрационных) материалов презентации;
- четкость ответов на заданные вопросы – выслушав вопрос, следует подтвердить, что он понят, в ином случае следует либо уточнить непонятые детали, либо честно признать свою неготовность ответить, пауза на размышление не должна превышать 10 секунд.

К зачету по дисциплине обучающиеся допускаются при:

- предоставлении всех отчетов практическим занятиям, докладов с презентациями; Зачет сдается в тестовой форме, в которых представлено 20 вопросов из перечня «Тестовые задания по дисциплине». Оценивание проводится по пятибалльной системе. «5» - студент демонстрирует отличные теоретические знания при ответе на дополнительные вопросы, использует в ответе специальную терминологию, излагает правильно, логично свои мысли, быстро решает ситуационные практические задачи. «4» - допускает неточности при ответе на вопросы, знает специальные термины, способен решать ситуационные практические задачи. «3» - ошибается, отвечая на вопросы билета, ориентируется в специальных терминах, демонстрирует знание основных методик работы с микроорганизмами. «2» - схематично отвечает на вопросы, не знает специальной терминологии.

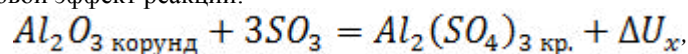
### Контрольные задания (примеры)

1. Определить тепловой эффект реакции:



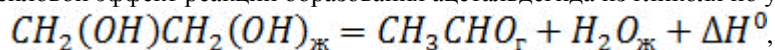
при 298 К и нормальном давлении.

2. Определить тепловой эффект реакции:



если реакция протекает при 298 К в автоклаве при постоянном объеме, а тепловой эффект при P=const равен -573,4 кДж.

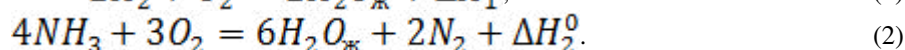
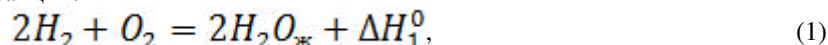
3. Определить тепловой эффект реакции образования ацетальдегида из гликоля по уравнению:



при 298 К и стандартном давлении.



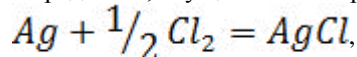
4. Вычислите тепловой эффект образования аммиака из простых веществ при стандартном давлении и 298 К по тепловым эффектам реакций:



5. Вычислите среднюю теплоемкость аммиака  $\overline{C_p}$  в интервале температур от 298 до 1000 К.

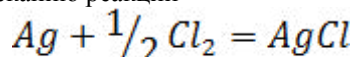
6. Вычислите энтропию хлорида серебра при 870 К.

7. Используя энергию Гиббса определите, осуществима ли реакция:



при  $P=1,013 \cdot 10^5$  Па и 298 К.

8. Благоприятствует ли протеканию реакции



повышение температуры.

9. Вычислить объем  $V$ , который занимает данное количество газа при 273 К и  $1,033 \cdot 10^5$  Па, если при 373 К и  $1,333 \cdot 10^5$  Па его объем равен  $3 \cdot 10^{-2}$  м<sup>3</sup>.

10. Вычислить парциальные объемы водяного пара, азота и кислорода и парциальные давления азота и кислорода во влажном воздухе. Общий объем смеси  $2 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>, общее давление  $1,0133 \cdot 10^5$  Па, парциальное давление паров воды  $1,233 \cdot 10^4$  Па. Объемный состав воздуха 21 %  $O_2$  и 79 %  $N_2$ .

3. Вычислите давление 1 моль водорода, занимающего при 273 К объем  $0,448 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>.

11. Рассчитать константу равновесия  $K_c$  реакции  $A+4B=D$ , если объем реакционного сосуда  $V = 0,05$  м<sup>3</sup>,  $n_A = 0,025$  моль,  $n_B = 8,1$  моль,  $n_D = 0,975$  моль.

12. Константа равновесия реакции  $H_2 + J_2 = 2HJ$  при 693 К  $K_c = 50,25$ . Вычислить массу образующегося иодида водорода, если в сосуд вместимостью  $10^{-3}$  м<sup>3</sup> введено  $0,846 \cdot 10^{-3}$  кг  $J_2$  и  $0,0212 \cdot 10^{-3}$  кг  $H_2$ .

13. В закрытом сосуде вместимостью  $0,05$  м<sup>3</sup> находится 1 моль вещества А и 12 моль вещества В. В результате реакции  $A+4B=D$  установилось равновесие. Общее давление в равновесном состоянии системы составляет  $4,51 \cdot 10^5$  Па. вычислите равновесные концентрации всех реагентов при 298 К. Система подчиняется законам идеального газообразного состояния.

## 12. Вопросы для зачета

1. Основные типы физико-химических процессов и их особенности.
2. Расчет физико-химических характеристик веществ и процессов.
3. Методы расчета теплоты образования веществ при отсутствии справочных данных.
4. Методы расчета теплоты сгорания веществ.
5. Методы расчета теплоемкостей веществ.
6. Методы расчета тепловых эффектов химических процессов.
7. Закон действующих масс и его использование.
8. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса.
9. Расчет теплоты фазовых превращений.
10. Диаграммы состояний однокомпонентных систем.
11. Энергия Гиббса и химический потенциал.
12. Изотерма химической реакции.
13. Уравнение изобары реакции.
14. Термодинамические свойства идеальных растворов; закон Рауля.
15. Кинетика гетерогенных реакций и адсорбция.
16. Состав пара идеальных и неидеальных бинарных растворов.
17. Диаграммы «состав-температура кипения» основные процессы разделения бинарных

растворов.  
18. Гомогенные реакции.

### **13. Вопросы для экзамена**

Экзамен не предусмотрен учебным планом

### **14. Тестовые задания по дисциплине**

1. Химической термодинамикой называют:
  - а) раздел термодинамики, изучающий обмен энергией и массой между химическими системами
  - б) раздел механики, изучающий обмен энергией в системе
  - в) раздел физики, изучающий обмен массой между веществами
  
2. Тело или группу тел, находящихся во взаимодействии, и отделенных физическими границами раздела или мысленно от других тел, которые образуют внешнюю среду называют:
  - а) экономической системой
  - б) термодинамической системой
  - в) динамической системой
  
3. Если система не обменивается веществом и энергией с окружающей средой, объем системы постоянный, тогда ее называют:
  - а) изолированной системой
  - б) замкнутой системой
  - в) открытой системой
  
4. Если в системе возможен обмен энергией со средой, но невозможен обмен веществом, тогда ее называют:
  - а) изолированной системой
  - б) замкнутой системой
  - в) открытой системой
  
5. Если в системе возможен обмен веществом и энергией, то система является:
  - а) изолированной системой
  - б) замкнутой системой
  - в) открытой системой
  
6. Система, внутри которой нет поверхностей раздела, отделяющих различные части системы, а термодинамические свойства одинаковы во всем объеме называют:
  - а) гомогенной
  - б) гетерогенной
  - в) объемной
  
7. Если система состоит из нескольких частей с различными свойствами и отделенных друг от друга физическими поверхностями, то она называется:
  - а) гомогенной
  - б) гетерогенной
  - в) объемной

8. Если в системе состав, температура, давление и все другие свойства во всех точках объема одинаковы, то система является:
- а) однородной
  - б) неоднородной
  - в) дисперсной
9. Если в системе свойства непрерывно меняются от точки к точке, то система является:
- а) однородной
  - б) неоднородной
  - в) дисперсной
10. Совокупность всех гомогенных частей системы с одинаковым составом и свойствами и отграниченных от других частей некоторыми поверхностями раздела, называют:
- а) фазой
  - б) газом
  - в) смесью
11. Свойства, количественно пропорциональные массе называются:
- а) экстенсивными
  - б) интенсивными
  - в) массивными
12. Свойства, численно независимые от массы называются:
- а) экстенсивными
  - б) интенсивными
  - в) массивными
13. Какая из данных термодинамических величин является интенсивным параметром состояния системы?
- а) температура
  - б) вес
  - в) объем
14. Какая из данных термодинамических величин является интенсивным параметром состояния системы?
- а) вес
  - б) концентрация
  - в) объем
15. Какая из данных термодинамических величин является экстенсивным параметром состояния системы?
- а) температура
  - б) вес
  - в) объем
16. Какая из данных термодинамических величин является экстенсивным параметром состояния системы?
- а) температура
  - б) давление
  - в) объем

17. Состояние системы, которое может сохраняться неизменным сколь угодно долго, если внешние условия не изменяются называется:

- а) равновесным
- б) неравновесным
- в) стабильным

18. Работа, которую производят внешние силы над системой является:

- а) положительной
- б) отрицательной
- в) равновесной

19. Если работа производится системой, то такая работа считается:

- а) положительной
- б) отрицательной
- в) равновесной

20. Теплота, подводимая к системе, считается:

- а) положительной
- б) отрицательной
- в) равновесной

21. Теплота, отводимая из системы, считается:

- а) положительной
- б) отрицательной
- в) равновесной

22. Теплота, подводимая к системе, считается:

- а) эндотермическая
- б) экзотермическая
- в) равновесная

23. Теплота, отводимая из системы, считается:

- а) эндотермическая
- б) экзотермическая
- в) равновесная

24. Процесс, при котором система может вернуться в первоначальное состояние без каких-либо изменений как в самой системе, так и во внешней среде называется:

- а) обратимым
- б) необратимым
- в) нейтральным

25. Если в результате протекания процесса в прямом и обратном направлениях в окружающей среде или в самой системе останутся какие-либо изменения, то процесс называется:

- а) обратимым
- б) необратимым
- в) нейтральным

26. В соответствии с первым законом для процессов, в которых единственным видом работы является работа против сил внешнего давления (работа расширения) теплота определяется:

- а)  $\delta Q = dU + pdV$
- б)  $\delta Q = dU + dV$
- в)  $\delta Q = dU + dp$

27. В изохорном процессе объем системы не изменяется, следовательно, работа расширения равна нулю, а теплота процесса равна:

- а)  $Q_V = \Delta U$
- б)  $Q_V = \Delta H$
- в)  $Q_V = -A$

28. В изобарном процессе теплота процесса равна:

- а)  $Q_p = \Delta U$
- б)  $Q_p = \Delta H$
- в)  $Q_p = -A$

29. В изотермическом процессе теплота процесса равна:

- а)  $Q_T = \Delta U$
- б)  $Q_T = \Delta H$
- в)  $Q_T = -A$

30. В адиабатическом процессе теплота процесса равна:

- а)  $Q = \Delta U$
- б)  $Q = 0$
- в)  $Q = -A$

31. Истинная теплоемкость определяется по уравнению:

- а)  $c_p = \left( \frac{\delta Q}{\partial T} \right)_p$
- б)  $c_p = \left( \frac{\partial T}{\delta Q} \right)_p$
- в)  $c_p = \left( \frac{\delta Q - \delta S}{\partial T} \right)_p$

32. Истинная теплоемкость определяется по уравнению:

- а)  $c_V = \left( \frac{\delta Q}{\partial T} \right)_V$
- б)  $c_V = \left( \frac{\delta Q - \delta S}{\partial T} \right)_V$
- в)  $c_V = \left( \frac{\delta Q + \delta S}{\partial T} \right)_V$

33. Связь между  $c_p$  и  $c_V$  для идеальных газов в виде  $c_p = c_V + R$  определяется формулой:

- а) Майера
- б) Нернста
- в) Дебая

34. Количество тепла, выделившееся или поглотившееся в процессе, при условии отсутствия любых видов работы, кроме работы расширения называется:

- а) тепловой эффект процесса
- б) электрический эффект процесса
- в) энергетический эффект процесса

35. Закон Гесса имеет вид:

- а) тепловой эффект химической реакции зависит от промежуточных стадий, и определяется лишь начальным и конечным состояниями системы
- б) тепловой эффект химической реакции не зависит от промежуточных стадий, а определяется лишь начальным и конечным состояниями системы
- в) тепловой эффект химической реакции определяется состояниями системы

36. Теплотой образования называется:

- а) тепловой эффект образования одного моля сложного вещества из простых веществ
- б) тепловой эффект реакции окисления одного моля вещества в атмосфере чистого кислорода с образованием соответствующих продуктов окисления
- в) тепловой эффект растворения одного моля вещества в таком количестве растворителя, чтобы получить раствор заданной концентрации

37. Теплотой сгорания называется:

- а) тепловой эффект образования одного моля сложного вещества из простых веществ
- б) тепловой эффект реакции окисления одного моля вещества в атмосфере чистого кислорода с образованием соответствующих продуктов окисления
- в) тепловой эффект растворения одного моля вещества в таком количестве растворителя, чтобы получить раствор заданной концентрации

38. Интегральной теплотой растворения называется:

- а) тепловой эффект образования одного моля сложного вещества из простых веществ
- б) тепловой эффект реакции окисления одного моля вещества в атмосфере чистого кислорода с образованием соответствующих продуктов окисления
- в) тепловой эффект растворения одного моля вещества в таком количестве растворителя, чтобы получить раствор заданной концентрации

39. Тепловой эффект реакции равняется:

- а) разности между суммами теплот образования продуктов реакции и теплот образования исходных веществ
- б) сумме между суммами теплот образования продуктов реакции и теплот образования исходных веществ
- в) разности между суммами теплот образования исходных веществ и теплот образования продуктов реакции

40. Интегральную форму уравнения Кирхгофа можно записать в виде:

а) 
$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} \Delta c_p dT$$

б) 
$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} - \int_{T_1}^{T_2} \Delta c_p dT$$

$$в) \Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \Delta c_p \int_{T_1}^{T_2} dT$$

41. Какое уравнение можно рассматривать как одну из форм аналитического выражения второго закона термодинамики:

- а)  $dS \geq \delta Q/T$
- б)  $dS \geq \delta Q \pm T$
- в)  $dS \geq \delta Q \times T$

42. Изохорно-изотермический потенциал, или энергией Гельмгольца определяется:

- а)  $U + pV - TS$
- б)  $U - TS$
- в)  $U - T+S$

43. Изобарно-изотермическим потенциалом, или энергией Гиббса определяется:

- а)  $U - TS$
- б)  $U + pV - TS$
- в)  $U - T+S$

44. Уравнение Гиббса – Гельмгольца, или уравнение максимальной работы имеет вид:

- а)  $A_{\max} = Q_V + T(\partial A_{\max}/\partial T)_V$
- б)  $A_{\max} = T(\partial A_{\max}/\partial T)_V$
- в)  $A_{\max} = Q_V + (\partial A_{\max}/\partial T)_V$

45. Уравнение Гиббса – Гельмгольца, или уравнение максимальной работы имеет вид:

- а)  $A'_{\max} = T(\partial A'_{\max}/\partial T)_p$
- б)  $A'_{\max} = Q_p + T(\partial A'_{\max}/\partial T)_p$
- в)  $A'_{\max} = Q_p - T(\partial A'_{\max}/\partial T)_p$

46. Коэффициент летучести или коэффициент активности можно определить по уравнению:

- а)  $\gamma = f/p$
- б)  $\gamma = f+p$
- в)  $\gamma = f-p$

47. Уравнения Клаузиуса – Клапейрона для фазовых переходов первого рода имеет вид:

- а)  $\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{ф.п.}}}{(V_2 - V_1)}$
- б)  $\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{ф.п.}}}{T(V_2 - V_1)}$
- в)  $\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{ф.п.}}}{T + (V_2 - V_1)}$

48. Число молей данного компонента в одном моле раствора называют:

- а) мольной долей
- б) молярностью

в) моляльностью

49. Число молей компонента в единице объема раствора называют:

- а) мольной долей
- б) молярностью
- в) моляльностью

50. Число молей растворенного вещества в 1000 г растворителя называют:

- а) мольной долей
- б) молярностью
- в) моляльностью

51. Уравнение Гиббса – Дюгема, устанавливающего связь между свойствами компонентов в растворе имеет вид:

а)  $\sum x_i d \bar{Z}_i = 0$

б)  $\sum x_i + d \bar{Z}_i = 0$

в)  $\sum x_i - d \bar{Z}_i = 0$

52. Какой вид имеет уравнение представляющее собой математическую запись закона действия масс:

а)  $\frac{p_1^{v'_1} p_2^{v'_2} \dots}{p_1^{v_1} p_2^{v_2} \dots} = K_p(T)$

б)  $\frac{p_1^{v'_1} p_2^{v'_2} \dots}{p_1^{v_1} p_2^{v_2} \dots} = K_p + T$

в)  $\frac{p_1^{v'_1} p_2^{v'_2} \dots}{p_1^{v_1} p_2^{v_2} \dots} = K_p - T$

53. Качественно влияние внешних условий на положение равновесия оценивается с помощью принципа подвижного равновесия (принципа Ле-Шателье), формулировка которого имеет вид:

- а) при внешнем воздействии на систему, находящуюся в равновесии, в ней происходят изменения, направленные против этих внешних воздействий
- б) при воздействии на систему, находящуюся в равновесии, в ней происходят изменения
- в) при внешнем воздействии на систему, сила имеет направление против этих внешних воздействий

54. Уравнение определяющее температурные изменения константы равновесия, называется уравнением изобары Вант-Гоффа и имеет вид:

а)  $d \ln K_p / dT = \Delta H / RT^2$

б)  $d \ln K_c / dT = \Delta U / RT^2$

в)  $d \ln K_p / dT = \Delta H / RT^2 + \Delta U / RT^2$

55. Уравнение определяющее температурные изменения константы равновесия, называется уравнением изохоры Вант-Гоффа и имеет вид:



- а)  $d \ln K_p / dT = \Delta H / RT^2$   
б)  $d \ln K_c / dT = \Delta U / RT^2$   
в)  $d \ln K_p / dT = \Delta H / RT^2 + \Delta U / RT^2$

56. Адсорбция представляет собой:

- а) концентрирование вещества на поверхности раздела фаз  
б) разложение вещества на поверхности раздела фаз  
в) смешение вещества на поверхности раздела фаз

57. Вещество, на поверхности которого происходит адсорбция, называется:

- а) адсорбентом  
б) адсорбатом  
в) жидкостью

58. Вещество, поглощаемое из объемной фазы при адсорбции называется:

- а) адсорбентом  
б) адсорбатом  
в) жидкостью

59. Уравнение Генри, описывающее адсорбцию газа на твердой поверхности в зависимости от давления газа  $p$ , имеет вид:

- а)  $a = kp$   
б)  $a = k+p$   
в)  $a = k-p$

60. Уравнением изотермы адсорбции Ленгмюра имеет вид:

- а)  $a = a_m \frac{Kp}{1 + Kp}$   
б)  $a = \frac{Kp}{1 + Kp}$   
в)  $a = \frac{Kp}{1 - Kp}$

61. Раздел термодинамики, изучающий обмен энергией и массой между химическими системами называется:

- а) химической термодинамикой  
б) механикой  
в) химией

62. Адсорбентом является:

- а) вещество, на поверхности которого происходит адсорбция  
б) вещество, в объеме которого происходит адсорбция  
в) вещество, в наличие которого происходит реакция

63. Мольной долей называется:

- а) число молей данного компонента в одном моле раствора  
б) число молей компонента в единице объема раствора  
в) число молей растворенного вещества в 1000 г растворителя

64. Молярностью называют:

- а) число молей данного компонента в одном моле раствора
- б) число молей компонента в единице объема раствора
- в) число молей растворенного вещества в 1000 г растворителя

65. Моляльностью называют:

- а) число молей данного компонента в одном моле раствора
- б) число молей компонента в единице объема раствора
- в) число молей растворенного вещества в 1000 г растворителя

## 15. Образовательные технологии

**Лекционные занятия** проводятся в форме лекций с использованием презентаций.

**Практические занятия** проводятся в аудитории с использованием справочников и таблиц.

**Самостоятельная работа** включает подготовку к практическим занятиям и лабораторным работам, выполнение расчетных заданий, подготовку к зачету.

## 16. Список основной и дополнительной литературы по дисциплине

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Березовчук А.В. Физическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Березовчук А.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Научная книга, 2012.— 159 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8191>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Григорьева Л.С. Физическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Григорьева Л.С., Трифонова О.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2014.— 149 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26215>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Основы физической химии. Часть 1. Теория [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.В. Еремин [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.— 320 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26034>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
4. Основы физической химии. Часть 2. Задачи [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.В. Еремин [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.— 263 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26035>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

5. Холохонова Л.И. Кинетика химических реакций [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Холохонова Л.И., Короткая Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006.— 80 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14367>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
6. Ягунова Л.К. Равновесие в системах «пар - жидкость» и «жидкость - жидкость» [Электронный ресурс]: методическое пособие/ Ягунова Л.К.— Электрон. текстовые данные.— Калининград: Российский государственный университет им. Иммануила Канта, 2008.— 49 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23918>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

7. Авсинеева Н.К. Определение теплового эффекта химической реакции [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Физическая химия»/ Авсинеева Н.К., Романко О.И., Шаповал В.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011.— 16 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31127>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
8. Михаленко И.И. Практические работы по физической химии. Часть 1 [Электронный ресурс] / Михаленко И.И., Лауринавичюте В.К., Котов В.Ю.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский городской педагогический университет, 2011.— 48 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26567>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
9. Практические работы по физической химии. Часть 2 [Электронный ресурс] / — Электрон. текстовые данные.— М.: Московский городской педагогический университет, 2013.— 52 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26568>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

## ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

1. Журнал технической физики (режим доступа <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7801>)
2. Теплофизика высоких температур (режим доступа <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8245>)
3. Теплофизика и аэромеханика (режим доступа <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7622>)

## ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

<http://www.xumuk.ru/>, <http://www.ingibitory.ru>, <http://www.biohim.ru/>.

### **17. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

На практических занятиях используются диаграммы веществ, в лабораторных занятиях используются ПЭВМ.