

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

Кафедра « Промышленная теплотехника »

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

« Б.1.3.3.2 Физико-химические основы подготовки рабочих тел и
теплоносителей в теплоэнергетике и теплотехнологиях »

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 подготовки рабочих тел и теплоносителей в теплоэнергетике и теплотехнологиях” 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 подготовки рабочих тел и теплоносителей 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
второй семестр								
1	1-6	1	Техническая термодинамика	72	18	10	24	36
2	7-12	2	Тепломассообмен	4	18	8	12	36
3	13-18	3	Промышленная теплоэнергетика	44	18	-	-	36
Всего					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	1-3	<i>Вид теплоносителя - идеальный газ. Основные понятия, параметры состояния, основные уравнения состояния, взаимосвязь между термодинамическими параметрами. Термодинамические процессы и их основные функции. Первый и второй законы термодинамики. Графическое</i>	[1, 2]

			<p>представление термодинамических процессов и характер изменения основных параметров состояния. Допустимость применения формул идеального газа для различных видов теплоносителей в реальных условиях.</p> <p>Вид теплоносителя - водяной пар. Основные понятия и состояния, уравнение основных процессов, взаимосвязь между термодинамическими параметрами. I-S диаграмма водяного пара, термодинамические таблицы водяного пара.</p>	
1	6	4-6	<p>Вид теплоносителя - влажный воздух. Основные понятия и состояния, уравнение основных процессов, взаимосвязь между термодинамическими параметрами. I-d диаграмма влажного воздуха.</p> <p>Основные понятия и законы движущейся среды. Сопло и его различные типы. Скорость звука в движущейся среде. Дозвуковое и сверхзвуковое течение газа и водяного пара.</p> <p>Компрессор как вид теплотехнического устройства, используемого в пожарном деле. Одно- и многоступенчатые компрессоры. Основные понятия и рабочие циклы, уравнения для расчета мощности привода компрессоров.</p>	[1, 2]
1	6	7-9	<p>Двигатели внутреннего сгорания. Основные типы и рабочие циклы. Графическое представление на P-V и T-S диаграммах рабочих циклов различных видов двигателей внутреннего сгорания. Холодильные установки. Основные типы и рабочие циклы. Графическое представление на P-V и T-S диаграммах рабочих циклов различных видов холодильных установок.</p> <p>Паросиловые установки. Основные понятия и рабочие циклы. Графическое представление на P-V, T-S и I-S диаграммах рабочих циклов идеальной и действительной паросиловых установок.</p> <p>Основные понятия и законы химической термодинамики. Термодинамические потенциалы. Уравнение Гиббса и Гельмгольца. Третий закон термодинамики (теорема Нернста).</p>	[2, 7]
2	10	10-14	<p>Вид теплообмена - теплопроводность. Закон Фурье. Закон Фурье для плоской одно- и многослойной стенки. Закон Фурье для цилиндрической одно- и многослойной стенки. Закон Фурье для сферической одно- и многослойной стенки.</p> <p>Теплопередача как комбинированный процесс, состоящий из основных видов теплообмена. Закон Ньютона-Рихмана для плоской, цилиндрической и сферической одно- и многослойных стенок. Уравнение теплопередачи для плоской, цилиндрической и сферической одно- и многослойных стенок.</p> <p>Теория подобия. Основные теоремы теории подобия. Критерии подобия. Критериальные уравнения. Применение теории подобия для нахождения теплового потока различных видов конвективного теплообмена. Вид теплообмена – конвективный теплообмен. Свободная и вынужденная конвекция. Основные условия и уравнения развития конвективного тепло-обмена. Вывод уравнения теплообмена.</p>	[2, 3]
2	8	15-18	<p>Лучистый теплообмен как основной вид теплообмена. Основные понятия и законы. Защита от излучения. Излучение газов. Расчет экранной защиты от теплового излучения. Расчет теплообмена излучением в поглощающей и излучающей среде.</p> <p>Нестационарная теплопроводность. Применение теории подобия в случае нестационарной теплопроводности. Использование диаграмм взаимосвязи критериев Bi (Био) и Fo (Фурье) с температурой тела.</p>	[2-4]
3	8	19-22	<p>Назначение, классификация и схемы теплообменных аппаратов. Принцип расчета теплообменных аппаратов. Конструктивный и поверочный тепловые расчеты теплообменных аппаратов. Средний температурный напор.</p>	[5, 8]

			<i>Промышленные котельные установки. Тепловые электростанции.</i>	
3	10	23-27	<i>Основные потребители теплоты. Проблема защиты окружающей среды от выброса продуктов горения. Характеристики основных загрязняющих веществ. Основные методы очистки продуктов горения от вредных выбросов. Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР). Источники ВЭР и их использование.</i>	[9]

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	[3]
1	6	3-5	Расчет теплоты образования и сгорания веществ при отсутствии справочных данных	[3]
1	6	6-8	Расчет констант равновесия, энергии Гиббса и выхода веществ в химических процессах	[4, 7]
4	4	9-10	Расчет кинетических характеристик процессов	[3, 7]
5	10	11-15	Расчет равновесных соотношений в гетерогенных бинарных системах, содержащих жидкую и паровую фазы	[3, 7]
5	6	16-18	Тепловые и материальные балансы процессов	[3, 7]

7. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего часов	Наименование лабораторной работы. Вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии
1	2	4
1	3	Физико-химические основы работы паровой компрессионной холодильной установки
1	4	Технический анализ твердого топлива
1	4	Изучение теплофизических свойств воды и водяного пара
2	4	Расчет физико-химических свойств природного газа
2	3	Изучение физико-химических основ работы абсорбционной холодильной установки

8. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Литература
1	2	3	4
1	36	<i>Расчет цикла водяного пара и процесса истечения водяного пара через сопло Лаваля и конструировании этого сопла.</i>	[1, 2, 6]
2	36	<i>Промышленные теплоэнергетические установки. Энергоресурсы и проблема их использования. Органические и ядерные топлива. Основы энерготехнологии и вторичные энергоресурсы. Энергетический метод термодинамического анализа энерготехнологических схем.</i>	[3, 4, 8, 9]
3	36	<i>Основные направления экономии энергоресурсов. Повышение эффективности энергетического и энергоиспользующего оборудования. Снижение энергопотерь, совершенствование учета и нормирование расхода энергоресурсов.</i>	[3, 4, 5, 8]

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, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знать: основные физико-химические процессы, протекающие в теплотехнологическом оборудовании современных производств.	Лекции Самостоятельная работа Практические занятия	Тестирование Зачёт	<u>Пороговый (удовлетворительный)</u>
		Уметь: проводить расчёты физико-химических процессов по типовым методикам с привлечением соответствующего физико-математического аппарата.			Знает: основные физико-химические процессы, протекающие в теплоэнергетическом и теплотехнологическом оборудовании современных производств. Умеет: проводить расчёты физико-химических процессов по типовым методикам. Владеет: навыками практических расчётов различных физико-химических реакций, протекающих в теплоэнергетическом и теплотехнологическом оборудовании современных производств.
					<u>Продвинутый (хорошо)</u>
					Знает: современное теплоэнергетическое и теплотехнологическое оборудование и основные физико-химические процессы, протекающие в нём. Умеет: проводить расчёты физико-химических процессов по типовым методикам и составлять

					<p>математические модели таких процессов с использованием критериев подобия.</p> <p>Владеет: навыками практических расчётов различных физико-химических реакций, протекающих в теплотехнологическом оборудовании современных производств, с использованием экспериментальных данных.</p> <p>Высокий (отлично)</p> <p>Знает: физико-химические процессы, протекающие в теплотехнологическом оборудовании современных производств, аппаратное и конструктивное оформление этих процессов.</p> <p>Умеет: проводить термодинамический анализ физико-химических процессов, протекающих в теплоэнергетическом и теплотехнологическом оборудовании с привлечением соответствующего физико-математического аппарата.</p> <p>Владеет: навыками практических расчётов различных физико-химических реакций, протекающих в теплотехнологическом оборудовании современных производств, методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов.</p>
		<p>Владеть: навыками практических расчётов различных физико-химических реакций, протекающих в теплотехнологическом оборудовании современных производств, с использованием физико-математического аппарата и стандартных средств автоматизации проектирования.</p>			

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	Знать: основные физико-химические	Лекции Самостоятельная	Тестирование Зачёт	Пороговый (удовлетворительный)

расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	процессы, протекающие в теплотехнологическом оборудовании современных производств.	работа Практические занятия	Знает: Знает основные методы расчёта теплоты, скорости и направления протекания химических реакций.
	Уметь: проводить расчёты физико-химических процессов по типовым методикам с привлечением соответствующего физико-математического аппарата.		Умеет: объяснять принципы методов расчёта химических реакций, проводит анализ результатов, формулирует выводы.
	Владеть: навыками практических расчётов различных физико-химических реакций, протекающих в теплотехнологическом оборудовании современных производств, с использованием физико-математического аппарата и стандартных средств автоматизации проектирования.		Владеет: базовыми материалом по дисциплине, необходимый для решения практических задач.
			<u>Продвинутый (хорошо)</u>
			Знает: Знает и объясняет принципы методов расчёта химических реакций.
			Умеет: проводит анализ результатов расчёта, формулирует выводы.
			Владеет: основным материалом по курсу, который может применить к практическим примерам
			<u>Высокий (отлично)</u>
			Знает: способен грамотно аргументировать выбор того или иного метода расчёта физико-химических процессов.
			Умеет: строить зависимости с помощью компьютерных программ, определяет погрешности расчёта.
			Владеет: 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. Баллон с кислородом емкостью 20 л находится под давлением 10 МПа при 15 °С. После израсходования части кислорода давление понизилось до 7,6 МПа, а температура упала до 10 °С. Определить массу израсходованного кислорода.

2. Определить плотность и удельный объем окиси углерода CO при давлении 0,1 МПа при температуре 27 °С.

3. Атмосферный воздух имеет примерно следующий массовый состав: $M_{O_2}=2,232\%$; $M_{N_2}=8,762\%$. Определить объемный состав воздуха, его газовую постоянную, кажущуюся молекулярную массу и парциальные давления кислорода и азота, если давление воздуха по барометру $B = 101325$ Па.

4. Объемный состав сухих продуктов сгорания топлива (не содержащих водяных паров) следующий: $CO_2=12,3\%$; $O_2=7,2\%$; $N_2=80,5\%$. Найти кажущуюся молекулярную массу и газовую постоянную, а также плотность и удельный объем продуктов сгорания при $B=100$ кПа и $t=800$ °С.

5. Вычислить среднюю массовую и среднюю объемную теплоемкости окиси углерода при постоянном объеме для интервала температур 0-1200 °С, если известно, что для окиси углерода ($\mu_{срт}$) $0,1200=32,192$ кДж/(кмоль·К).

6. Дымовые газы, входящие в воздухонагреватель парогенератора, имеют объемный состав, %: $CO_2=10,8$, $O_2=6,6$, $N_2=80,7$, $H_2O=1,9$. Нагревая воздух, газы охлаждаются от $t_{1г}=350$ °С до $t_{2г}=160$ °С. Определить температуру нагретого воздуха, если известно, что расход дымовых газов (приведенных к нормальным условиям) $V_n=53000$ м³/ч; расход воздуха $M_{взд}=51000$ кг/ч; температура воздуха на входе в воздухонагреватель $t_{1в}=45$ °С.

7. В резервуаре, имеющем объем $V=0,5$ м³, находится углекислый газ при давлении $p_1=0,6$ МПа и температуре $t_1=527$ °С. Как изменится температура газа, если отнять от него при постоянном объеме 436 кДж? Зависимость теплоемкости от температуры считать линейной.

8. При адиабатном расширении 1 кг воздуха ($k=1,4 = const$) температура его падает на 120 К. Какова полученная в процессе расширения работа и сколько теплоты следовало бы подвести к воздуху, чтобы ту же работу получить в изотермическом процессе?

9. Определить количество теплоты, необходимое для нагревания 2000 м³ воздуха при постоянном давлении $p = 0,5$ МПа от $t_1=1500$ °С до $t_2=600$ °С. Зависимость теплоемкости от температуры считать нелинейной.

10. Определить изменение энтропии 10 кг двуокиси углерода в процессе сжатия. Начальные параметры углекислоты: $t_1=40$ °С, $p_1=0,2$ МПа, конечные: $t_2 = 253$ °С, $p_2 = 4,5$ МПа. При расчете теплоемкости углекислого газа использовать молекулярно-кинетическую теорию.

11. Средняя теплоемкость алюминия c_p в интервале температур от 0 до 300 °С равна 0,955 кДж/(кг·К). Определить энтропию 100 кг алюминия при 300 °С, считая, что его энтропия при 0 °С равна 0.

12. Вопросы для зачета

1. Термодинамическая система. Рабочее тело. Термодинамические параметры. Равновесное и неравновесное состояния.

2. Равновесные и неравновесные процессы. Термодинамические диаграммы.
3. Идеальный газ. Уравнение состояния. Газовая постоянная.
4. Газовые смеси. Способы задания смеси. Парциальное давление и парциальный объем. Параметры состояния газовой смеси, газовая постоянная, молекулярная масса.
5. Первый закон термодинамики.
6. Понятия работы, графическая интерпретация.
7. Теплота термодинамического процесса. Эквивалентность теплоты и работы. Теплоемкость, виды теплоемкости.
8. Внутренняя энергия. Функции процесса и функции состояния. Внутренняя энергия идеального газа.
9. Энтальпия. Аналитическое выражение первого закона термодинамики.
10. Анализ термодинамических процессов. Цели и задачи.
11. Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы. Уравнения процессов. Изображение в p - v диаграмме. Расчетные выражения для теплоты и работы.
12. Политропные процессы - общая форма частных процессов. Уравнение политропы. Теплоемкость процесса. Показатель политропы.
13. Связь показателя политропы с физической сущностью процесса.
14. Второй закон термодинамики. Основные формулировки. Физический смысл. Связь с работой теплотехнических устройств.
15. Цикл теплового двигателя. Обратимые и необратимые процессы.
16. Цикл Карно. Термический к.п.д.
17. Энтропия. Расчет изменения энтропии в термодинамических процессах.
18. T – S диаграмма. Анализ термодинамических процессов с применением диаграммы.
19. Перестройка процессов из p - v диаграммы в T - s и обратно.
20. Работоспособность термодинамической системы. Эксергия теплоты. Формула Гуи-Стодоль. Эксергетический анализ работы парового котла.
21. Реальные газы. Уравнение состояния.
22. Вода и водяной пар. Процесс парообразования в p - v и T - s .
23. Жидкость в состоянии насыщения, сухой насыщенный пар.
24. Влажный насыщенный пар, степень сухости. Перегретый пар.
25. Связь между давлением и температурой насыщения. Теплота фазового перехода. Критические параметры водяного пара.

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:

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

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

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

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) моляльность

49. Число молей компонента в единице объема раствора называют:

а) мольной долей

б) молярностью

в) моляльность

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

а) мольной долей

б) молярностью

в) моляльность

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:

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

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

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

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:

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

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

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

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

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

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

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

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:

$$\text{а) } a = kp$$

$$\text{б) } a = k+p$$

в) $a = k \cdot p$

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. Зеленцов Д.В. Техническая термодинамика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Зеленцов Д.В.— Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 140 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20525>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Лифенцева Л.В. Теплотехника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лифенцева Л.В.— Электрон. текстовые данные.— Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2010.— 188 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14394>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Расщепкин А.Н. Теплообменные аппараты низкотемпературной техники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Расщепкин А.Н., Ермолаев В.А.— Электрон. текстовые данные.— Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2012.— 169 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14393>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
4. Бородулин Д.М. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бородулин Д.М., Иванец В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2007.— 168 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14388>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

5. Ганжа В.Л. Основы эффективного использования энергоресурсов. Теория и практика энергосбережения [Электронный ресурс]: монография/ Ганжа В.Л.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2007.— 451 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12310>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
6. Расчет цикла водяного пара. Расчет процесса истечения водяного пара через сопло Лаваля. Конструирование сопла [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Техническая термодинамика» для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 270800 «Строительство», профиль подготовки «Теплогазоснабжение и вентиляция»/ — Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 12 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30355>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
7. Журавлев В.А. Термодинамика необратимых процессов в задачах и решениях [Электронный ресурс]/ Журавлев В.А.— Электрон. текстовые данные.— Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Издательский дом Удмуртский университет, 1998.— 150 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17667>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
8. Акулич П.В. Расчеты сушильных и теплообменных установок [Электронный ресурс]: монография/ Акулич П.В.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2010.— 443 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12314>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
9. Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС [Электронный ресурс]: лабораторный практикум. Учебное пособие/ В.А. Чиж [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2012.— 159 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20204>.— 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>)

17. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

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