

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Мурманский арктический государственный университет»
в г. Апатиты

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ОД.11 Теория теплофизических свойств веществ

(шифр дисциплины и название в строгом соответствии
с федеральным государственным образовательным стандартом и учебным планом)

**образовательной программы
по направлению подготовки бакалавриата**

**14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика
Профиль Теплофизика
Академический бакалавриат**

(код и наименование направления подготовки
с указанием профиля (наименования магистерской программы))

очная форма обучения
форма обучения

Составитель:
Маслобоев В.А., д-р техн. наук,
профессор кафедры физики, биологии
и инженерных технологий

Утверждено на заседании кафедры физики,
биологии и инженерных технологий
(протокол № 1 от «24» января 2017 г.)

Зав. кафедрой



подпись

Николаев В.Г.

1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ). Б1.В.ОД.11 Теория теплофизических свойств веществ.

2. АННОТАЦИЯ К ДИСЦИПЛИНЕ

Основной целью изучения дисциплины «Теория теплофизических свойств веществ» является создание у студентов ясного представления о теплофизических свойствах различных систем — как чистых веществ, так и смесей, в том числе реагирующих, в широком диапазоне температур и давлений, и закономерностях протекания процессов переноса в этих системах; ознакомить их с физическими механизмами, лежащими в основе различных аспектов теплового поведения веществ, и обучение их термодинамическим и молекулярно-кинетическим методам теоретического исследования.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- особенности теплофизических свойствах веществ в газообразном, жидком и твердом состоянии;
- основы теории погрешностей измерений;
- физические основы, лежащие в основе экспериментального метода исследования данного свойства, основные экспериментальные схемы для измерения данного свойства, получить представление о возможности улучшения классических экспериментальных схем

Уметь:

- выбирать конкретный метод исследования и тип экспериментальной установки для измерения свойств конкретного вещества в конкретном диапазоне исследуемых параметров;
- выполнять расчеты теплофизических свойств веществ на основе термодинамики, статистической физики и физической кинетики, используя данные о макроскопическом поведении и микроскопической структуре вещества;
- рассчитывать теплофизические свойства вещества в газообразном, жидком и твердом состоянии по теоретическим соотношениям в рамках обобщенных законов соответственных состояний.

Владеть:

- методами оценки основных погрешностей измерений; навыками экспериментальных измерений температуры, давления, расхода, плотности, вязкости и теплопроводности тел.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

- способность к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик (ПК-1)

4. УКАЗАНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

Данная дисциплина относится к вариативной части обязательных дисциплин блока Б1.

Для освоения данной дисциплины обучающиеся используют знания, умения, навыки, способы деятельности и установки, которые они получили в процессе изучения дисциплин: «Физика», «Материаловедение и технология конструкционных материалов»,

«Физические основы материаловедения», «Численные методы технической физики», «Прикладная физика».

5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц или 324 часа.

(из расчета 1 ЗЕТ= 36 часов).

Курс	Семестр	Трудоемкость в ЗЕТ	Общая трудоемкость (час)	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивных формах	Кол-во часов на СРС	Форма контроля
				ЛК	ПР	ЛБ				
2,3	4,5	9	324	66	66	-	132	-	192 (из них 72ч для подготовк и к экзамену)	экзамен

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ.

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС
		ЛК	ПР	ЛБ			
IV семестр							
1	Введение. Термодинамический метод теории теплофизических свойств	4	-	-	4	-	10
2	Метод статистической термодинамики. Идеальные газы.	10	-	-	10	-	10
3	Статистическая термодинамика смесей идеальных газов	10	12	-	22	-	20
4	Термодинамические свойства химически реагирующих систем	12	12	-	24	-	20
V семестр							
5	Силы межмолекулярного взаимодействия. Термодинамические свойства реальных веществ	10	14	-	24	-	20
6	Термодинамические свойства реальных смесей	10	14	-	24	-	20
7	Процессы переноса в газах	10	14	-	24	-	20
	Итого:	66	66	-	132	-	120
	Экзамен						72

Содержание разделов дисциплины

Введение. Термодинамический метод теории теплофизических свойств. Введение. Теория теплофизических свойств веществ - основа разработки справочных данных, научный подход к прогнозированию и созданию методов расчетно-теоретического предсказания теплофизического поведения веществ. Термодинамический метод теории теплофизических свойств веществ. Термодинамические потенциалы и вычисление на их основе любых термодинамических свойств веществ. Построение термодинамических потенциалов чистых однофазных веществ по ограниченным экспериментальным данным. Фазовые превращения в чистых веществах. Единые уравнения состояния. Термодинамическое поведение чистых веществ в области фазовых переходов. Критические явления.

Метод статистической термодинамики. Идеальные газы. Метод статистической термодинамики. Использование ансамблей Гиббса для вычисления термодинамических потенциалов и расчета термодинамических свойств веществ по молекулярным данным. Статистическая термодинамика идеальных газов. Расчет термодинамических функций по молекулярным данным.

Статистическая термодинамика смесей идеальных газов. Смеси (растворы). Статистическая термодинамика смесей идеальных газов. Основные понятия термодинамики растворов. Избыточные и парциальные термодинамические функции, эффекты смешения. Уравнения Гиббса-Дюгема. Идеальные и реальные смеси (растворы).

Термодинамические свойства химически реагирующих систем. Методы расчета состава и термодинамических свойств химически реагирующих систем. Термодинамические константы равновесия. Тепловые эффекты химических реакций. Уравнения химического равновесия. Термодинамические свойства химически реагирующих смесей идеальных газов.

Силы межмолекулярного взаимодействия. Термодинамические свойства реальных веществ.

Теория сил межмолекулярного взаимодействия. Статистическая термодинамика реальных газов. Расчет вириальных коэффициентов по молекулярным данным. Молекулярные основы теории термодинамического подобия веществ. Феноменологические методы термодинамического подобия.

Термодинамические свойства реальных смесей. Смеси реальных газов. Фазовые равновесия в смесях (растворах). Фазовые диаграммы и термодинамические свойства смесей для равновесия газ - жидкость, жидкость - жидкость, газ - газ, жидкость - твердое тело. Критические явления в растворах. Методы расчета состава и термодинамических свойств гетерогенных многокомпонентных систем. Химически реагирующие гетерогенные системы.

Процессы переноса в газах. Элементы теории процессов переноса в разреженных газах. Сечения межмолекулярных столкновений, их вычисление по данным о межмолекулярном взаимодействии. Вязкость и теплопроводность разреженных одноатомных газов. Влияние внутренних степеней свободы молекул на процессы переноса в разреженных газах. Вязкость и теплопроводность плотных газов и жидкостей.

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

1. Теплотехника: учебник/ под ред М.Г. Шатрова. - М.: Академия, 2012. - 288 с.
2. Апальков А.Ф. Теплотехника: учебное пособие. - Ростов/нДону: Феникс, 2008. - 186 с.
3. Прибытков И.А. Теоретические основы теплотехники: учебник. - М.: Академия, 2004. - 464 с.
4. Теплотехника: учебник/ А.М. Архаров и др. - М.: МГГУ им. Баумана, 2004. - 712 с.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).

Общие сведения

1.	Кафедра	физики, биологии и инженерных технологий
2.	Направление подготовки	14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика профиль Теплофизика
3.	Дисциплина (модуль)	Б1.В.ОД.11 Теория теплофизических свойств веществ

Перечень компетенций

способность к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик (ПК-1)

Критерии и показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
IV семестр					
Введение. Термодинамический метод теории теплофизических свойств.	ПК-1	особенности теплофизических свойствах веществ в газообразном, жидком и твердом состоянии; физические основы, лежащие в основе экспериментального метода исследования данного свойства, основные экспериментальные схемы для измерения данного свойства, получить представление о возможности улучшения классических экспериментальных схем	выбирать конкретный метод исследования и тип экспериментальной установки для измерения свойств конкретного вещества в конкретном диапазоне исследуемых параметров	методами оценки основных погрешностей измерений; навыками экспериментальных измерений температуры, давления, расхода, плотности, вязкости и теплопроводности тел.	
Метод статической термодинамики. Идеальные газы.	ПК-1	особенности теплофизических свойствах веществ в газообразном, жидком и твердом состоянии; физические основы, лежащие в основе экспериментального метода исследования данного свойства, основные экспериментальные схемы для измерения данного свойства, получить представление о	выбирать конкретный метод исследования и тип экспериментальной установки для измерения свойств конкретного вещества в конкретном диапазоне исследуемых параметров		Задачи, реферат, терминологический тест

		возможности улучшения классических экспериментальных схем			
Статическая термодинамика смесей идеальных газов.	ПК-1	особенности теплофизических свойствах веществ в газообразном, жидком и твердом состоянии; физические основы, лежащие в основе экспериментального метода исследования данного свойства, основные экспериментальные схемы для измерения данного свойства, получить представление о возможности улучшения классических экспериментальных схем	выбирать конкретный метод исследования и тип экспериментальной установки для измерения свойств конкретного вещества в конкретном диапазоне исследуемых параметров		Задачи, реферат, терминологический тест
Термодинамические свойства химически реагирующих веществ.	ПК-1	особенности теплофизических свойствах веществ в газообразном, жидком и твердом состоянии; физические основы, лежащие в основе экспериментального метода исследования данного свойства, основные экспериментальные схемы для измерения данного свойства, получить представление о возможности улучшения классических экспериментальных схем	выполнять расчеты теплофизических свойств веществ на основе термодинамики, статистической физики и физической кинетики, используя данные о макроскопическом поведении и микроскопической структуре вещества; рассчитывать теплофизические свойства вещества в газообразном, жидком и твердом состоянии по теоретическим соотношениям в рамках обобщенных законов соответственных состояний.	методами оценки основных погрешностей измерений; навыками экспериментальных измерений температуры, давления, расхода, плотности, вязкости и теплопроводности тел.	Задачи, реферат, терминологический тест
V семестр					
Силы межмолекулярного взаимодействия. Термодинамические свойства реальных веществ.	ПК-1	особенности теплофизических свойствах веществ в газообразном, жидком и твердом состоянии; физические основы, лежащие в основе экспериментального метода исследования данного свойства, основные	выбирать конкретный метод исследования и тип экспериментальной установки для измерения свойств конкретного вещества в конкретном диапазоне исследуемых		Задачи, реферат, терминологический тест

		экспериментальные схемы для измерения данного свойства, получить представление о возможности улучшения классических экспериментальных схем	параметров		
Термодинамические свойства реальных смесей.	ПК-1	особенности теплофизических свойствах веществ в газообразном, жидком и твердом состоянии; основы теории погрешностей измерений; физические основы, лежащие в основе экспериментального метода исследования данного свойства, основные экспериментальные схемы для измерения данного свойства, получить представление о возможности улучшения классических экспериментальных схем	выполнять расчеты теплофизических свойств веществ на основе термодинамики, статистической физики и физической кинетики, используя данные о макроскопическом поведении и микроскопической структуре вещества; рассчитывать теплофизические свойства вещества в газообразном, жидком и твердом состоянии по теоретическим соотношениям в рамках обобщенных законов соответственных состояний.	методами оценки основных погрешностей измерений; навыками экспериментальных измерений температуры, давления, расхода, плотности, вязкости и теплопроводности тел.	Задачи, реферат, терминологический тест
Процессы переноса в газах.	ПК-1	особенности теплофизических свойствах веществ в газообразном, жидком и твердом состоянии; физические основы, лежащие в основе экспериментального метода исследования данного свойства, основные экспериментальные схемы для измерения данного свойства, получить представление о возможности улучшения классических экспериментальных схем	выбирать конкретный метод исследования и тип экспериментальной установки для измерения свойств конкретного вещества в конкретном диапазоне исследуемых параметров	методами оценки основных погрешностей измерений; навыками экспериментальных измерений температуры, давления, расхода, плотности, вязкости и теплопроводности тел.	Задачи, реферат, терминологический тест

Критерии оценки реферата

Баллы	Характеристики ответа студента
6	<ul style="list-style-type: none"> - студент глубоко и всесторонне усвоил проблему; - уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; - опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью; - умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; - делает выводы и обобщения; - свободно владеет понятиями
4	<ul style="list-style-type: none"> - студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью; - аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения; - владеет системой основных понятий
2	<ul style="list-style-type: none"> - тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент освоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только основной литературы; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении знаний; - слабо аргументирует научные положения; - затрудняется в формулировании выводов и обобщений; - частично владеет системой понятий
0	<ul style="list-style-type: none"> - студент не усвоил значительной части проблемы; - допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее; - испытывает трудности в практическом применении знаний; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует выводов и обобщений; - не владеет понятийным аппаратом

Критерии оценки терминологического теста

Баллы	Характеристики ответа студента
6	<ul style="list-style-type: none"> - студент глубоко и всесторонне усвоил проблему; - уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; - опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью; - умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; - делает выводы и обобщения; - свободно владеет понятиями
4	<ul style="list-style-type: none"> - студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью; - аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения; - владеет системой основных понятий
2	<ul style="list-style-type: none"> - тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент освоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только

	<p>основной литературы;</p> <ul style="list-style-type: none"> - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении знаний; - слабо аргументирует научные положения; - затрудняется в формулировании выводов и обобщений; - частично владеет системой понятий
0	<ul style="list-style-type: none"> - студент не усвоил значительной части проблемы; - допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее; - испытывает трудности в практическом применении знаний; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует выводов и обобщений; - не владеет понятийным аппаратом

Решение задач

8 балла выставляется, если студент решил все рекомендованные задачи, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

6 балла выставляется, если студент решил не менее 85% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

3 балла выставляется, если студент решил не менее 65% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

0 баллов - если студент выполнил менее 50% задания, и/или неверно указал варианты решения.

Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примерный перечень вопросов промежуточной аттестации:

1. Основы термодинамики. Основные определения.
2. Работа в термодинамических процессах.
3. Внутренняя энергия термодинамических систем.
4. Характеристики термодинамических систем.
5. Описание политропных процессов в идеальных газах.
6. Теплофизические свойства газов. Коэффициент диффузии.
7. Теплофизические свойства газов. Коэффициент теплопроводности.
8. Теплофизические свойства газов. Динамическая вязкость.
9. Теплофизические свойства газов. Связь между коэффициентами диффузии, теплопроводности и динамической вязкости.
10. Теплофизические свойства жидкостей.
11. Барометрическая формула
12. Критические параметры газов и их взаимосвязь со свойствами газов.
13. Термохимические расчеты химических реакций.
14. Описание химических равновесий в термодинамических системах.
15. Направления протекания химических реакций в термодинамических системах.
16. Явления на границах раздела в гетерофазных термодинамических системах.
17. Капиллярный эффект.
18. Краевые углы смачивания.
19. Термохимия. Закон Гесса.
20. Термохимия. Закон Кирхгоффа.

21. Термохимия. Термохимические циклы.
22. Термохимия. Цикл Борна-Габера.
23. Реальные газы. Уравнения состояния реальных газов.
24. Вириальное уравнение состояния реальных газов.
25. Закон соответственных состояний для реальных газов.
26. Термодинамические функции реальных газов.
27. Идеальные газы.
28. Основные положения молекулярно-кинетической теории газов.
29. Длина свободного пробега молекул в газе по МКТ.
30. Молекулярно-кинетическая теория газов: Теплоемкость идеального газа.
31. Работа и теплоемкость газов в политропических процессах.
32. Второе начало термодинамики. Понятие энтропии.
33. Уравнения Клайперона-Клаузиуса для равновесия «жидкость-пар», «твердое-жидкость», «твердое-пар»
34. Равновесия фаз чистого вещества. Химический потенциал.
35. Фазовые переходы I и II рода.
36. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
37. Критерии равновесия в термодинамических системах.
38. Работа и теплоемкость газов в политропических процессах.
39. Термодинамические свойства реальных газов.
40. Эффект Джоуля –Томпсона
41. Диаграмма $p - V$ водяного пара. Процессы подогрева жидкости, парообразования и пароперегрева.
42. Диаграммы $T-S$ и $h-S$ водяного пара. Термодинамические процессы в парах.
43. Цикл паровой компрессионной холодильной машины.
44. Тепловая диаграмма $T-S$ действительного холодильного цикла.
45. Цикл воздушной холодильной машины.
46. Абсорбционные холодильные установки.
47. Цикл пароконденсационного теплового насоса.
48. Основной цикл паросиловой установки (цикл *Ренкина*) на перегретом паре без учета работы насоса.
49. Термический КПД цикла *Ренкина* с учетом работы насоса. Удельный расход пара и теплоты.
50. Тепловая диаграмма $T-S$ действительного холодильного цикла.

Примерный терминологический тест:

Дайте определения, запишите формулу.

ОБЩИЕ ЗАКОНЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

1. Равновесные состояния и равновесные процессы
2. Работа
3. Температура
4. Идеальные газы
5. Первый закон термодинамики
6. Теплоемкость
7. Применение 1-го закона термодинамики к газам
8. Адиабатические процессы в газах
9. Второй закон термодинамики
10. Цикл Карно.
11. Коэффициент полезного действия обратимой тепловой машины
12. Энтропия
13. Закон возрастания энтропии
14. Энтропия равновесных систем
15. Третий закон термодинамики (теорема Нернста)

РЕАЛЬНЫЕ ГАЗЫ

1. Конденсация газов
2. Уравнение Ван-дер-Ваальса
3. Критическая точка.
4. Закон соответственных состояний
5. Внутренняя энергия и энтропия газа Ван-дер-Ваальса
6. Конденсация газов
7. Энтальпия
8. Эффект Джоуля – Томсона
9. Эффект Джоуля – Томсона для газа Ван-дер-Ваальса

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОТЕНЦИАЛЫ

1. Свободная энергия
2. Термодинамический потенциал при постоянном давлении
3. Метод термодинамических функций

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ

1. Химический потенциал
2. Условия равновесия фаз
3. Фазовые переходы первого рода
4. Фазовые переходы второго рода
5. Правило фаз Гиббса

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

1. Условие химического равновесия
2. Химическое равновесие в газах
3. Теплота реакции.
4. Принцип Ле-Шателье

СЛАБЫЕ РАСТВОРЫ

1. Осмотическое давление
2. Соприкосновение фаз раствора
3. Распределение растворенного вещества между двумя фазами

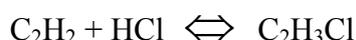
Примерная тематика рефератов:

1. Термодинамическое поведение чистых веществ в области фазовых переходов.
2. Критические явления в поведении чистых веществ.
3. Идеальные смеси (растворы).
4. Реальные смеси (растворы).
5. Термодинамические свойства химически реагирующих смесей идеальных газов.
6. Вязкость и теплопроводность плотных газов.
7. Вязкость и теплопроводность жидкостей.
8. Физические свойства наноструктур и области их применения
9. Химические свойства воды
10. Уравнение состояния идеального газа и уравнение Ван-дер-Ваальса реального газа.
11. Критические параметры вещества.
12. Приведенное уравнение Ван-дер-Ваальса и теории подобия в состояниях газов.
13. Описание реальных газов в рамках обобщенных законов соответственных состояний с использованием одно- или двухпараметрических уравнений и безразмерных термодинамических переменных.
14. Критерии подобия веществ. Способы их введения.
15. Метод Риделя теоретического описания температурной зависимости давления насыщенных паров жидкости $p_n(T)$.
16. Методы расчета теплоты испарения жидкостей.

17. Методы расчета критических параметров веществ; температур их фазовых переходов (температуры кипения и плавления); потенциалов межмолекулярного взаимодействия, фактора ацентричности и полярности молекул.
18. Соотношения между давлением, объемом и температурой чистых газов. Методы их расчета.
19. Классическая теория теплоемкости идеальных газов.
20. Теплофизические свойства аргона
21. Теплофизические свойства гелия
22. Теплофизические свойства криптона
23. Теплофизические свойства неона
24. Теплофизические свойства ксенона
25. Теплофизические свойства метилацетилена
26. Теплофизические свойства пропана
27. Теплофизические свойства изобутана
28. Теплофизические свойства пропанол-1
29. Теплофизические свойства циклогексан
30. Теплофизические свойства этилацетата
31. Теплофизические свойства кумола
32. Теплофизические свойства феррамида
33. Теплофизические свойства триэтиленгликоля
34. Теплофизические свойства бромбензола

Примерные задачи:

Задача 1. Используя, приведенные ниже молекулярно-физические характеристики веществ, определить величину изменения энтропии, характеризующего равновесие



при 500 К и давлении 10 атм.

	<i>HCl</i>	C_2H_2	$\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$
Длины связей, нм.	$r_{\text{H-Cl}} = 0,127$	$r_{\text{C-C}} = 0,120$; $r_{\text{C-H}} = 0,106$;	$r_{\text{C-C}} = 0,138$; $r_{\text{C-H}} = 0,108$; $r_{\text{H-Cl}} = 0,169$
Валентные углы			$\angle \text{C-C-H} = 120^\circ$; $\angle \text{C-C-Cl} = 122^\circ$
Основные частоты колебаний, (см^{-1})	2989	612(2); 730(2); 1974; 3289; 3374	395; 620; 720,5; 896,5; 942,5; 1030; 1280; 1370; 1611; 3034; 3086; 3121

Решение. Эту задачу можно решить либо рассчитав энтропии каждого из компонентов, а затем определив разность

$$\Delta_r S = S_{\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}} - S_{\text{C}_2\text{H}_2} - S_{\text{HCl}},$$

либо определив величины разности поступательных, вращательных и колебательных энтропий и складывая их:

$$\Delta_r S = \Delta_r S_{\text{пост}} + \Delta_r S_{\text{вр}} + \Delta_r S_{\text{кол}}.$$

Второй путь несколько короче, но для того, чтобы наглядно представить себе характерные величины энтропий, целесообразно избрать первый путь.

C₂H₃Cl

Поступательная энтропия для всех газообразных веществ рассчитывается по уравнению:

$$S_{\text{пост}} = \left(\frac{3}{2} R \cdot \ln M + \frac{5}{2} R \cdot \ln T - R \cdot \ln P - 9,7\right) \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}, \quad (4.19)$$

где M - молекулярная масса, T - выражена в К, а P - в атм. Подставляя $M = 2 \cdot 12,011 + 3 \cdot 1,008 + 35,453 = 62,499$ г/моль; $T = 500$ К и $P = 10$ атм в (4.19), получим $S_{\text{пост}} = 151,9$ Дж/(моль·К).

Вращательная энтропия для всех нелинейных молекул определяется по уравнению:

$$S_{\text{вр}} = \left(\frac{1}{2} R \cdot \ln(I_1 I_2 I_3) + \frac{3}{2} R \cdot \ln T - R \cdot \ln \sigma + 1320,8\right) \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}, \quad (4.20)$$

где I_i выражены в кг·м².

Проводим расчет произведения моментов инерции, пользуясь описанным выше методом пар моментов.

Направления координатных осей выбираем так, чтобы максимально сократить расчет. Располагаем плоскую молекулу хлористого винила (C₂H₃Cl) в плоскости xu , атомы углерода на оси x , два атома водорода на оси u . При таком расположении молекулы получим:

$$I_1 \cdot I_2 \cdot I_3 = \begin{vmatrix} A & -D & 0 \\ -D & B & 0 \\ 0 & 0 & C \end{vmatrix} = ABC - CD^2 = C(AB - D^2) = (A + B)(AB - D^2)$$

При выбранном начале координат и направлениях осей координаты атомов будут следующие:

Атом	x_0 , нм	y_0 , нм	масса атома, кг
H	0	-0,0935	$0,1673 \cdot 10^{-26}$
H	0	0,0935	$0,1673 \cdot 10^{-26}$
C	0,054	0	$1,9934 \cdot 10^{-26}$
C	0,192	0	$1,9934 \cdot 10^{-26}$
Cl	0,282	-0,143	$5,8864 \cdot 10^{-26}$
H	0,246	0,0935	$0,1673 \cdot 10^{-26}$
$\bar{m} = 10,375 \cdot 10^{-26}$			

$$A = \sum_i m_i y_i^2 - \frac{1}{\bar{m}} \left(\sum_i m_i y_i \right)^2 = 5,619 \cdot 10^{-46} \text{ кг}\cdot\text{м}^2,$$

$$B = \sum_i m_i x_i^2 - \frac{1}{m} \left(\sum_i m_i x_i \right)^2 = 27,65 \cdot 10^{-46} \text{ кг}^2 \cdot \text{м}^2,$$

$$D = \sum_i m_i x_i y_i - \frac{1}{m} \left(\sum_i m_i x_i \right) \left(\sum_i m_i y_i \right) = 5,903 \cdot 10^{-46} \text{ кг}^2 \cdot \text{м}^2,$$

$$I_1 I_2 I_3 = [(5,619 + 27,65) \cdot 5,619 \cdot 27,65 - (5,903)^2] \cdot 10^{-138} = 4,01 \cdot 10^{-135} \text{ кг}^3 \cdot \text{м}^6.$$

Подставляя величину $T = 500 \text{ К}$ и $\sigma = 1$ в (4.20), получим

$$S_{ep} = 111,9 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}).$$

При расчете колебательной составляющей можно пренебречь различием высоких волновых чисел и считать, что имеется трижды вырожденная частота с $\omega = (3034 + 3086 + 3121)/3 = 3080 \text{ см}^{-1}$. Пользуясь таблицей 4.2, проводим расчет вкладов $S_{кол}$ от каждой из частот.

$\omega, \text{ см}^{-1}$	$\theta, \text{ К}$	θ/T	$S_{кол}^1, \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
395	568	1,14	7,6
620	892	1,78	4,5
720,5	1036	2,07	3,6
896,5	1289	2,58	2,4
942,5	1355	2,71	2,2
1030	1481	2,96	1,8
1280	1841	3,68	1,0
1370	1970	3,94	0,8
1611	2317	4,63	0,5
3080	4433	8,87	3·0,012
			$S_{кол} = 24,4$

Виртуальная энтропия $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ равна

$$S = S_{ном} + S_{ep} + S_{кол} = 288,2 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}).$$

НCl

Поступательная энтропия по уравнению (4.19) равна

$$S_{ном} = 145,2 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}).$$

Для линейных молекул вращательная энтропия определяется по уравнению:

$$S_{ep} = R \cdot \ln I + R \ln T - R \cdot \ln \sigma + 877,3 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \quad (4.21)$$

Для HCl число симметрии $\sigma = 1$, а момент инерции $I = I_1 = I_2$ рассчитываем по уравнению:

$$I = \frac{m_{\text{H}} \cdot m_{\text{HCl}}}{m_{\text{H}} \cdot m_{\text{Cl}}} \cdot r_{\text{H-Cl}}^2 = \frac{0,1673 \cdot 5,8864 \cdot 10^{-52}}{(0,1673 + 5,8864) \cdot 10^{-26}} \cdot (1,27)^2 \cdot 10^{20} =$$

$$= 0,264 \cdot 10^{-46} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Соответственно $S_{\text{вр}} = 37,3 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$.

Величина θ/T для HCl равна 8,60 и $S_{\text{кол}} = 0,015 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$.

Виртуальная энтропия HCl равна

$$S = 145,2 + 37,3 + 0,015 = 182,6 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$$

C₂H₂

Поступательная энтропия, рассчитанная по уравнению (4.19), равна

$$S_{\text{пост}} = 141,0 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}).$$

Как и HCl, молекула C₂H₂ относится к классу линейных ротаторов $I_1 = I_2$, $I_3 = 0$, и вращательную энтропию C₂H₂ рассчитывают по уравнению (4.21). Число симметрии для C₂H₂ равно 2. Момент инерции молекулы C₂H₂ равен

$$I = I_1 = I_2 = \sum_i m_i r_i^2,$$

где m_i - масса i -го атома и r_i - расстояние от атома до центра масс. Подставляя соответствующие величины, имеем

$$I = 2 \cdot \{1,9934 \cdot 10^{-26} \cdot (0,6 \cdot 10^{-10})^2 + 0,1673 \cdot 10^{-26} \cdot (1,66 \cdot 10^{-10})^2\} = 1,897 \cdot 10^{-46} \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Используя это значение, находим, что

$$S_{\text{вр}} = 47,9 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}).$$

Колебательную энтропию рассчитываем по данным таблицы 4.2 :

ω , см ⁻¹	θ , К	θ/T	$S_{\text{кол}}^i$, Дж/(моль·К)
612 (2)	880	1,76	2 · 4,6
730 (2)	1050	2,10	2 · 3,5
1974	2839	5,68	0,2
3332 (2)	4791	9,58	2 · 0,004
			$S_{\text{кол}} = 16,4$

Сумма поступательной, вращательной и колебательной энтропий для C₂H₂ равна 205,3 Дж/(моль·К).

В результате получаем:

$$\Delta_r S = 288,2 - 205,3 - 182,6 = -100,3 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}).$$

Задача 2. Рассчитайте изменение внутренней энергии гелия (одноатомный идеальный газ) при изобарном расширении от 5 до 10 л под давлением 196 кПа.

Решение. $p_1 = p_2 = 196 \text{ кПа}$, $V_1 = 5 \text{ л}$, $V_2 = 10 \text{ л}$. Начальная и конечная температуры: $T_1 = p_1 V_1 / nR$, $T_2 = p_2 V_2 / nR$. Изменение внутренней энергии идеального газа определяется только начальной и конечной температурой ($C_V = 3/2 nR$ - идеальный одноатомный газ):
 $\Delta U = C_V (T_2 - T_1) = 3/2 nR (T_2 - T_1) = 3/2 (p_2 V_2 - p_1 V_1) = 3/2 \times (196 \cdot 10^3) \times (10 - 5) \cdot 10^{-3} = 1470 \text{ Дж}$.

Ответ. 1470 Дж.

Задача 3. Используя первый закон и определение теплоемкости, найдите разность изобарной и изохорной теплоемкостей для произвольной термодинамической системы.

Решение. В определение теплоемкости подставим дифференциальное представление первого закона и используем соотношение для внутренней энергии как функции температуры и объема:

$$C = \frac{\delta Q}{dT} = \frac{dU + pdV}{dT} = \frac{C_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV + pdV}{dT} = C_V + \left[\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T + p\right] \frac{dV}{dT}$$

Отсюда при постоянном давлении получаем:

$$C_p - C_V = \left[\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T + p\right] \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

Задача 4. Один моль ксенона, находящийся при 25 °С и 2 атм, расширяется адиабатически: а) обратимо до 1 атм, б) против давления 1 атм. Какой будет конечная температура в каждом случае?

Решение. а) Исходный объем ксенона ($n = 1$):

$$V_1 = nRT_1 / p_1 = 0.082 \cdot 298 / 2 = 12.2 \text{ л.}$$

Конечный объем можно найти из уравнения адиабаты (для одноатомного идеального газа $\gamma = C_p / C_V = 5/3$):

$$p_1 V_1^{5/3} = p_2 V_2^{5/3}$$

$$V_2 = V_1 \cdot (p_1/p_2)^{3/5} = 12.2 \cdot 2^{3/5} = 18.5 \text{ л.}$$

Конечную температуру находим по уравнению состояния идеального газа ($p_2 = 1$ атм):

$$T_2 = p_2 V_2 / nR = 18.5 / 0.082 = 225 \text{ К.}$$

б) При необратимом расширении против постоянного внешнего давления уравнение адиабаты неприменимо, поэтому надо воспользоваться первым законом термодинамики. Работа совершается за счет убыли внутренней энергии:

$$A = -\Delta U = nC_V (T_1 - T_2),$$

где $n = 1$, $C_V = 3/2 R$ (одноатомный идеальный газ). Работа расширения против постоянного внешнего давления p_2 равна:

$$A = p_2 (V_2 - V_1) = nRT_2 - p_2 V_1.$$

Приравнявая последние два выражения, находим температуру T_2 :

$$T_2 = (nC_V T_1 + p_2 V_1) / (nC_V + nR) = 238 \text{ К.}$$

Температура выше, чем при обратимом расширении, т.к. в обратимом случае совершается большая работа, расходуется больше внутренней энергии и температура понижается на большую величину.

Ответ. а) 225 К; б) 238 К.

Задача 5. Один моль водяных паров обратимо и изотермически сконденсировали в жидкость при 100 °С. Рассчитайте работу, теплоту, изменение внутренней энергии и энтальпии в этом процессе. Удельная теплота испарения воды при 100 °С равна 2260 Дж/г.

Решение. В процессе $\text{H}_2\text{O}_{(г)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(ж)}$ произошло обратимое сжатие газа при постоянном давлении $p = 1$ атм от объема $V_1 = nRT / p = 0.082 \cdot 373 = 30.6$ л до объема одного моля жидкой воды $V_2 \sim 0.018$ л. Работа сжатия при постоянном давлении равна:

$$A = p (V_2 - V_1) \approx -pV_1 = -101.3 \text{ кПа} \times 30.6 \text{ л} = -3100 \text{ Дж.}$$

При испарении одного моля воды затрачивается теплота $2260 \text{ Дж/г} \times 18 \text{ г} = 40700 \text{ Дж}$, поэтому при конденсации одного моля воды эта теплота, напротив, выделяется в окружающую среду:

$$Q = -40700 \text{ Дж.}$$

Изменение внутренней энергии можно рассчитать по первому закону:

$$\Delta U = Q - A = -40700 - (-3100) = -37600 \text{ Дж,}$$

а изменение энтальпии - через изменение внутренней энергии:

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(pV) = \Delta U + p\Delta V = \Delta U + A = Q = -40700 \text{ Дж.}$$

Изменение энтальпии равно теплоте, т.к. процесс происходит при постоянном давлении.

Ответ. $A = -3100$ Дж, $Q = \Delta H = -40700$ Дж, $\Delta U = -37600$ Дж.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).

Основная литература:

1. Ляшков, В.И. Теоретические основы теплотехники: учебное пособие / В.И. Ляшков. - М.: Высшая школа, 2008. - 318 с.
2. Минаев, А.М. Термодинамика в материаловедении: учебное пособие / А.М. Минаев, Д.М. Мордасов, Н.Б. Бадирова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. - 80 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-8265-1460-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444651>.

Дополнительная литература:

3. Барсуков, В.И. Молекулярная физика и начала термодинамики : учебное пособие / В.И. Барсуков, О.С. Дмитриев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. - 128 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-8265-1390-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444634>.
4. Ханефт, А.В. Термодинамика и кинетика образования дефектов Френкеля и Шоттки в ионных кристаллах : электронное учебное пособие / А.В. Ханефт ; Кафедра теоретической физики, Министерство образования и науки РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет». - 2 изд., доп., исправл. и переработанное. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2014. - 132 с. : схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8353-1637-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=437493>.
5. Телотехника: учебник/ под ред. В.Н. Луканина. - М.: Высшая школа, 2000-2009. - 671 с.

Электронно-образовательные ресурсы (ЭОР):

1. Университетская библиотека ONLINE <http://biblioclub.ru/>
2. Электронно-библиотечная система Юрайт <https://biblio-online.ru/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ" (ДАЛЕЕ - СЕТЬ "ИНТЕРНЕТ"), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).

1. Российская государственная библиотека - www.rsl.ru, www.leninka.ru

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой, умение создавать тексты. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, выполнения письменных заданий.

При изучении дисциплины студенты выполняют следующие задания:

- изучают рекомендованную научно-практическую и учебную литературу;
- выполняют задания, предусмотренные для самостоятельной работы.

Основными видами аудиторной работы студентов являются лекции.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на практических занятиях и указания на самостоятельную работу.

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает с использованием технологической карты дисциплины, размещенной на сайте МАГУ.

Планы практических занятий

1. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ

План:

Изменение энтропии при образовании сплавов
Зависимость свободной энергии от состава температуры
Зависимость свободной энергии от состава сплава
Термодинамический вывод основных типов диаграмм
Двухфазное равновесие
Системы с ограниченной растворимостью компонентов в твёрдом состоянии.
Трёхфазное равновесие
Диаграммы состояния с промежуточными фазами (химическими соединениями)

Литература: [3, стр. 30-41].

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные термодинамические функции.
2. Понятие температуры и уравнение состояния идеального газа.
3. Статистика фононов и температура.
4. Принцип Ле Шателье-Брауна.
5. Сформулируйте законы термодинамики.
6. Напишите уравнение состояния идеальных газов.
7. Цикл Карно.
8. Дайте определение энтропии.
9. Дайте определение энтальпии.

2. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ

План:

Тройные системы сплавов

Изображение составов тройных сплавов

Определение положения сплава по заданной концентрации компонентов

Правило отрезков и центра тяжести

Изображение фазовых равновесий в тройных системах

Применение геометрической термодинамики к тройным системам

Изображение тройных диаграмм состояния в координатах «концентрация-температура»

Диаграмма состояния с тройной эвтектикой при отсутствии растворимости в твёрдом состоянии

Тройная система сплавов с устойчивым химическим соединением

Диаграмма состояния с тройной эвтектикой и ограниченной растворимостью компонентов в твёрдом состоянии

Литература: [3, стр. 41-68].

Вопросы для самоконтроля

1. Изобразите фазовые равновесия в тройных системах
2. Изобразите диаграмму состояния с тройной эвтектикой при отсутствии растворимости в твёрдом состоянии

3. РЕАЛЬНЫЕ ГАЗЫ

План:

Силы межмолекулярного взаимодействия и агрегатные состояния

Уравнение состояния реального газа Ван-дер-Ваальса

Теоретические изотермы Ван-дер-Ваальса

Экспериментальные изотермы реального газа. Критическое состояние

Внутренняя энергия реального газа

Эффект Джоуля-Томсона

Литература: [4, стр. 96-117].

Вопросы для самоконтроля

1. Напишите уравнение состояния реального газа Ван-дер-Ваальса
2. Чем отличаются реальные газы от идеальных?
3. Какова суть эффекта Джоуля-Томсона?
4. От чего зависит внутренняя энергия реального газа?

4. ТЕРМОДИНАМИКА И КИНЕТИКА ОБРАЗОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ ШОТТКИ В ИОННЫХ КРИСТАЛЛАХ

План:

Образование вакансий на поверхности и в объеме ионного кристалла

Термодинамический расчет концентрации дефектов Шоттки в ионных кристаллах с двухвалентным катионом

Кинетическая самосогласованная модель образования дефектов Шоттки в ионном кристалле с двухвалентным катионом

Ионная проводимость азидов свинца

Литература: [5, стр. 86-127].

Вопросы для самоконтроля

1. Как образуются вакансии на поверхности и в объеме ионного кристалла?
2. Рассчитайте концентрацию дефектов Шоттки в ионных кристаллах с двухвалентным катионом.
3. Расскажите про ионную проводимость азида свинца.

5. ПРОЦЕССЫ ПЕРЕНОСА В ГАЗАХ

План:

Диффузия, внутреннее трение, теплопроводность

Литература: [4, стр. 85-95].

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните физическую сущность законов Фурье, Фика, Ньютона.
2. Почему средняя длина свободного пробега зависит от температуры?
3. Каков механизм теплопроводности ультраразреженных газов?
4. В чем состоят трудности классической теории теплоемкостей идеального газа?

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Программное обеспечение:

1. Операционная система MS Windows
2. Офисный пакет LibreOffice

13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения занятий с перечнем основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов и объектов, номер ауд.
1	<i>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</i> Мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), переносное мультимедийное оборудование (проектор, экран)	184209, Мурманская область, город Апатиты, улица Энергетическая, дом 19, здание Учебного корпуса № 3, ауд. 116
2	<i>Помещение для самостоятельной работы студентов</i> Доска аудиторная, столы компьютерные, стулья «Контакт» Мультимедийный проектор Toshiba TLP-X2000 – 1 шт., экран проекционный матовый – 1 шт. 13 ПЭВМ Монитор Acer AL 1917 19" – 13 шт., клавиатура – 13 шт., мышь – 13 шт.	184209, Мурманская область, город Апатиты, улица Энергетическая, дом 19, здание Учебного корпуса № 5, ЛИТ 3

14. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ.

ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика профиль Теплофизика Академический бакалавриат

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Шифр дисциплины по РУП	Б1.В.ОД.11		
Дисциплина	Теория теплофизических свойств веществ		
Курс	2	семестр	4
Кафедра	физики, биологии и инженерных технологий		
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность	Маслобоев В.А., д-р техн. наук, профессор кафедры физики, биологии и инженерных технологий		
Общ. трудоемкость _{час/ЗЕТ}	324/9	Кол-во семестров	2
Интерактивные формы _{общ./тек. сем.}	-/-		
ЛК _{общ./тек. сем.}	66/34	ПР/СМ _{общ./тек. сем.}	66/34
ЛБ _{общ./тек. сем.}	-/-		Форма контроля
			Экзамен

Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
Вводный блок			
Не предусмотрено			
Основной блок			
Терминологический тест	3	18	На практических занятиях
Реферат	3	18	На практических занятиях
Задачи	3	24	На практических занятиях
Всего:		60	
Экзамен	Вопрос 1	20	В сроки сессии
	Вопрос 2	20	В сроки сессии
Всего:		40	
Итого:		100	
Дополнительный блок			
Не предусмотрено			

Шкала оценивая в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Шифр дисциплины по РУП		Б1.В.ОД.11	
Дисциплина		Теория теплофизических свойств веществ	
Курс	3	семестр	5
Кафедра		физики, биологии и инженерных технологий	
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность		Маслобоев В.А., д-р техн. наук, профессор кафедры физики, биологии и инженерных технологий	
Общ. трудоемкость _{час/ЗЕТ}		324/9	Кол-во семестров
			2
		Интерактивные формы _{общ./тек. сем.}	
		-/-	
ЛК _{общ./тек. сем.}	66/32	ПР/СМ _{общ./тек. сем.}	66/32
		ЛБ _{общ./тек. сем.}	-/-
		Форма контроля	Экзамен

Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
Вводный блок			
Не предусмотрено			
Основной блок			
Терминологический тест	3	18	На практических занятиях
Реферат	3	18	На практических занятиях
Задачи	3	24	На практических занятиях
	Всего:	60	
Экзамен	Вопрос 1	20	В сроки сессии
	Вопрос 2	20	В сроки сессии
	Всего:	40	
	Итого:	100	
Дополнительный блок			
Не предусмотрено			

Шкала оценивая в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов.

15. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ НА УСМОТРЕНИЕ ВЕДУЩЕЙ КАФЕДРЫ.

Не предусмотрено.

16. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ

Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины Б1.В.ОД.11 «Теория теплофизических свойств веществ» может осуществляться в адаптированном виде, с учетом специфики освоения и дидактических требований, исходя из индивидуальных возможностей и по личному заявлению обучающегося.