

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГОУ ВПО «МГТУ»)**

Кафедра МНГД  
название кафедры

**Методические указания  
к практическим занятиям и контрольным работам студентов**

по дисциплине: Б.2.В.2 «Основы фазовых переходов»  
название дисциплины

для направления подготовки (специальности) \_\_\_\_\_  
код направления подготовки

21.03.01 «Нефтегазовое дело» («Эксплуатация и обслуживание объектов  
нефтегазового комплекса Арктического шельфа») \_\_\_\_\_  
код и наименование специальности, форма обучения

Мурманск 2018

Составитель - Ф.И.О. преподавателя, ученая степень, звание, должность

Боголюбов А.А. к.ф. - м.н., доцент каф. МНГД

ОГЛАВЛЕНИЕ	стр.
1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	2
2.. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН	2
3. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	3
4. Тема 1	3
5. Тема 2	4
6. Тема 3	4
7. Тема 4	4
8. Тема 5	5
9. Тема 6	5
10. Тема 7	5
11. Тема 8	6
12. Тема 9	6
13. Контрольная работа	6

#### - ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

На изучение и освоение вынесенного на практические занятия материала отводится 18 часов, с раскладкой 2 часа через неделю, с соответствующей проверкой на занятиях. Результатом должно являться более полное понимание студентом основных положений Статистической физики и Неравновесной термодинамики, что должно способствовать более глубокому пониманию физических процессов происходящих при фазовых переходах 1-го рода (в частности испарение и сжижение), и 2 го рода, где наблюдаются Критические явления. Занятия должны поспособствовать приобретению умения производить численные оценки основных макроскопических величин, характеризующих состояние вещества в этих условиях, а степень умения определится результатом выполнения контрольной работы.

#### - ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№№ п/п	Наименование тем и содержание практических занятий	Кол-во часов
1.	Температура, давление, работа, количество теплоты, энтропия. Равновесные и неравновесные процессы и системы. Условия термодинамического равновесия. Три начала термодинамики, уравнения состояния.	2
2.	Энтропия, её аддитивность и закон возрастания для замкнутых систем. Энергия макросистемы и термодинамическая теория флуктуаций. Каноническое распределение Гиббса и энтропия.	2
3.	Статистическая термодинамика идеального газа, уравнение теплопроводности.	2
4.	Уравнение Ван – дер –Ваальса. Внутренняя энергия реального газа. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса.	2

5.	Термодинамическая фазовая рТ-диаграмма.	2
6.	Поверхностные явления, натяжение, межфазное натяжение. Эффект Джоуля – Томсона.	2
7.	Давление пара над концентрированным раствором (жидкостью).	2
8.	Энтальпия, свободная энергия, термодинамический потенциал, химический потенциал, термодинамический потенциал системы с переменным числом частиц. Неравенство Клаузиуса.	2
9.	Изотермы реального газа. Удельная теплота испарения и плавления. Выделение тепла и изменение объёма при растворении.	2
Итого:		18

## - СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная

1. И.П. Ипатова, В.Ф. Мастеров, Ю.И. Уханов. Курс физики. Том 1, Механика, термодинамика. Изд-во СПбГПУ, 2003.
2. Б.В. Бондарев, Н.П. Калашников, Г.Г. Спирын. Курс общей физики. Кн.3. Термодинамика. Статистическая физика. Учебное пособие. М. Высш. шк. 2003.
3. Ч. Киттель. Статистическая термодинамика. М., Гл. ред, физ.-мат. лит.” Наука”, 1977
4. Бурдаков В.П. Термодинамика: учебное пособие для вузов. Ч.1 Основной курс. М. : Дрофа. 2009.

### Дополнительная

1. С.М. Рипс. Основы термодинамики и теплотехники. М.: Высш. Шк. 1968.
2. Р.А. Алиев, В.Д. Белоусов, А.Г. Немудров [и др.]. Трубопроводный транспорт нефти и газа: учеб. пособие для вузов. М.: Недра. 1988.

Тема 1. Температура, давление, работа, количество теплоты, энтропия. Равновесные и неравновесные процессы и системы. Условия термодинамического равновесия. Три начала термодинамики, уравнения состояния.

Макроскопические и микроскопические системы. Фазовое пространство. Статистическое описание микросостояний макросистемы, статистическая независимость, статистический вес, функция распределения и термодинамическая вероятность, **термодинамическая теория флуктуаций**. Время релаксации. Статистический смысл энтропии, её аддитивность и закон возрастания для замкнутых систем.

К практическому занятию по теме, пользуясь, наряду с лекционным материалом, соответствующими разделами из [ 1-4] и МУ к самостоятельной работе уметь отвечать на вопросы, делать численные оценки основных изучаемых характеристик и параметров.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое состояние равновесия тела с микроскопической точки зрения?
2. Что такое время релаксации?
3. Как проявляются флуктуации в броуновском движении?
4. Как используется теорема сложения вероятностей при выводе биномиального распределения?
5. какова вероятность выпадения шестерки на игральном кубике при двух бросаниях?
6. Почему описание статистических свойств макроскопических тел производится в фазовом пространстве?
7. Изменяется ли энтропия при чисто механическом перемещении тела?

8. Приведите примеры обратимых и необратимых процессов.

Тема 2. Энтропия, её аддитивность и закон возрастания для замкнутых систем. Энергия макросистемы и термодинамическая теория флуктуаций. Каноническое распределение Гиббса и энтропия.

К практическому занятию по теме, пользуясь, наряду с лекционным материалом, соответствующими разделами из [ 1-4] и МУ к самостоятельной работе уметь отвечать на вопросы, делать численные оценки основных изучаемых характеристик и параметров.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие из перечисленных ниже термодинамических величин являются аддитивными: давление, объем, температура, внутренняя энергия, энтропия?
2. В современных высоковакуумных установках давление газа не превышает 10 мм рт. ст. Сколько молекул находится в кубическом сантиметре такого газа при комнатной температуре?
3. Каковы условия теплового и механического равновесия тел?
4. Какими свойствами должен обладать газ, чтобы его можно было использовать в газовом термометре?
5. Является ли работа функцией состояния?
6. Какая разница между количеством тепла и внутренней энергией?
7. Что такое «негэнтропия»?

Тема 3. Статистическая термодинамика идеального газа, уравнение теплопроводности.

К практическому занятию по теме, пользуясь, наряду с лекционным материалом, соответствующими разделами из [ 1-4] и МУ к самостоятельной работе уметь отвечать на вопросы, делать численные оценки основных изучаемых характеристик и параметров.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое «идеальный газ»?
2. Что такое неравновесное состояние?
3. Что такое локальное термодинамическое равновесие?
4. Написать уравнение теплопроводности.
5. Что называется средней наиболее вероятной скоростью газовых молекул?
6. Какая из трех скоростей (средняя квадратичная, средняя арифметическая, средняя наиболее вероятная) наибольшая?
7. Чему равна средняя энергия гармонического осциллятора?

Тема 4. Уравнение Ван – дер –Ваальса. Внутренняя энергия реального газа. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса.

К практическому занятию по теме, пользуясь, наряду с лекционным материалом, соответствующими разделами из [ 1-4] и МУ к самостоятельной работе уметь отвечать на вопросы, делать численные оценки основных изучаемых характеристик и параметров.

Вопросы для самопроверки:

1. Почему внутренняя энергия идеального газа не зависит от его давления? Какова ситуация в реальных газах?
2. Чем отличаются изотермы Ван-дер-Ваальса от изотерм реального газа?

3. Назовите способы получения низких температур.
4. Каков эффект Джоуля-Томсона идеального газа и почему?

Тема 5. Термодинамическая фазовая рТ-диаграмма.

К практическому занятию по теме, пользуясь, наряду с лекционным материалом, соответствующими разделами из [1-4] и МУ к самостоятельной работе уметь отвечать на вопросы, делать численные оценки основных изучаемых характеристик и параметров.

Вопросы для самопроверки:

1. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса..
2. Критическая точка и критические параметры.
- 3..Почему температура кипения воды повышается с увеличением давления?
- 4.Почему фазовые превращения описываются термодинамическим потенциалом?
- 5.Почему кривые равновесия жидкость-твердое тело не имеют критической точки?
- 6.Почему для плавления льда ему нужно сообщить некоторое количество тепла (передать тепловую энергию) при условии, что температура в системе при этом не меняется?

Тема 6. Поверхностные явления, натяжение, межфазное натяжение. Эффект Джоуля – Томсона.

К практическому занятию по теме, пользуясь, наряду с лекционным материалом, соответствующими разделами из [1-4] и МУ к самостоятельной работе уметь отвечать на вопросы, делать численные оценки основных изучаемых характеристик и параметров.

Вопросы для самопроверки:

- 1.Почему происходит охлаждение при совершении работы?
2. Какова роль поверхностных эффектов в образовании новой фазы?
3. Какой процесс называется *дросселированием* газа?
4. Эффект Джоуля – Томсона положительный и отрицательный.
5. Температура инверсии.
6. На чем основана работа детандера и турбодетандера?

Тема 7. Давление пара над концентрированным раствором (жидкостью).

К практическому занятию по теме, пользуясь, наряду с лекционным материалом, соответствующими разделами из [1-4] и МУ к самостоятельной работе уметь отвечать на вопросы, делать численные оценки основных изучаемых характеристик и параметров.

Вопросы для самопроверки:

1. В чем отличие РVT –диаграмм растворов от диаграмм для чистых растворов?
2. Чем отличаются изотермы Ван-дер-Ваальса от изотерм реального газа?
3. Назовите способы получения низких температур.
4. Примеры наблюдения критических явлений в растворах.

Тема 8. Энтальпия, свободная энергия, термодинамический потенциал, химический потенциал, термодинамический потенциал системы с переменным числом частиц. Неравенство Клаузиуса.

К практическому занятию по теме, пользуясь, наряду с лекционным материалом, соответствующими разделами из [1-4] и МУ к самостоятельной работе уметь отвечать на вопросы, делать численные оценки основных изучаемых характеристик и параметров.

Вопросы для самопроверки:

- 1..Почему температура кипения воды повышается с увеличением давления?
- 2.Почему фазовые превращения описываются термодинамическим потенциалом?
- 3.Почему кривые равновесия жидкость-твердое тело не имеют критической точки?
- 4.Почему для плавления льда ему нужно сообщить некоторое количество тепла
- 5.Смысл неравенства Клаузиуса.

Тема 9. Изотермы реального газа. Удельная теплота испарения и плавления. Выделение тепла и изменение объёма при растворении.

К практическому занятию по теме, пользуясь, наряду с лекционным материалом, соответствующими разделами из [ 1-4] и МУ к самостоятельной работе уметь отвечать на вопросы, делать численные оценки основных изучаемых характеристик и параметров.

Вопросы для самопроверки:

1. В чем отличие PVT –диаграмм растворов от диаграмм для чистых растворов?
2. Чем отличаются изотермы Ван-дер-Ваальса от изотерм реального газа?
3. Почему фазовые превращения описываются термодинамическим потенциалом?

**Контрольная работа** проводятся при наличии определенных знаний и опыта проведения оценочных расчетов.

Контрольная работа №1: «Оценка основных параметров и термодинамических величин в рамках статистического описания макроскопических состояний вещества»

В работах предлагается произвести расчеты динамических характеристик при возникновении фазового перехода в различных условиях соответствующих реальной окружающей среде (условия для каждого студента свои).