

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Обнинский институт атомной энергетики –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

## **ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Утверждено на заседании  
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 28.08.2023 № 23.8

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **ОБЩАЯ ФИЗИКА (МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ)**

---

*название дисциплины*

Специальность

**14.05.01 Ядерные реакторы и материалы**

---

Образовательная программа  
**Ядерные реакторы**

---

*Шифр, название специализации*

Форма обучения: очная

**г. Обнинск 2023 г.**

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель изучения дисциплины:

- овладение базовыми знаниями фундаментальных разделов физики, необходимыми для освоения физических основ в ядерных реакторах и материалах.

### Задачи изучения дисциплины:

- изучение теории по темам: механика, элементы релятивистской механики, колебания и волны;
- молекулярная физика и основы термодинамики, электричества и магнетизма, оптики и атомной физики;
- развитие навыков решения задач по данным темам;
- освоение постановки и проведения физических экспериментов;
- получение практических навыков по обработке и интерпретации результатов экспериментов в процессе выполнения лабораторных работ;
- развитие культуры мышления (способность к обобщению, анализу, восприятию информации);
- развитие практических навыков логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП)

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части и относится к естественно-научному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра».

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Общая физика (электричество и магнетизм)», «Общая физика (волны, оптика и атомная физика)».

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

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

В результате освоения ОП обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального	З-ОПК-1 Знать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-ОПК-1 Уметь использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

	исследования	В-ОПК-1 Владеть навыками использования основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применения методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ПК-1	Способен создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и теплопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов	3-ПК-1 Знать нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и теплопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов У-ПК-1 Уметь создавать теоретические и математические модели в профессиональной области В-ПК-1 Владеть навыками работы с современными расчетными программными средствами
УКЕ-1	Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	3-УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи В-УКЕ-1 владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление/цели и воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-------------------------------	-------------------------	------------------------------------

<b>Интеллектуальное воспитание</b>	- формирование культуры умственного труда <b>(В11)</b>	Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.
<b>Профессиональное и трудовое воспитание</b>	- формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду <b>(В14)</b>	<p>1. Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач;</li> <li>- формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости;</li> <li>- формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов.</li> </ul> <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплины «Экономические и правовые основы медицинской деятельности», «Экономические и правовые основы профессиональной деятельности», «Управление, организация и планирование производства» и др. для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через контекстное обучение</li> </ul>

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

Вид работы	Количество часов на вид работы по семестрам:
------------	----------------------------------------------

<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>		
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		<b>96</b>
В том числе:		
	<i>лекции</i>	32
	<i>практические занятия</i>	64
	<i>лабораторные занятия</i>	32
<b>Промежуточная аттестация</b>		
В том числе:		
	<i>экзамен</i>	54
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>		<b>32</b>
<b>Всего (часы):</b>		<b>216</b>
<b>Всего (зачетные единицы):</b>		<b>6</b>

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

### 6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Неделя	№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы				
			Лек	Пр	Лаб	Вне ауд	СР О
1-16	<b>1.</b>	<b>Молекулярная физика и термодинамика</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32</b>
1,2	1.1.	Основные понятия и законы молекулярной физики	4	20	4	-	4
3,4,5	1.2.	Первое начало термодинамики	4	22	4	-	4
6-8	1.3.	Статистические распределения	4	-	4	-	4
9-11	1.4.	Явления переноса	4	-	4	-	5
12,13	1.5.	Второе начало термодинамика	4	22	4	-	5
14	1.6.	Реальные газы	6	-	6	-	5
15,16	1.7.	Жидкое и кристаллическое состояние вещества	6	-	6	-	5
		<b>Итого за 2 семестр</b>	<b>32</b>	<b>64</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32</b>
		<b>Всего:</b>	<b>32</b>	<b>64</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32</b>

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная контактная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся, ПП – практическая подготовка.

### 6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

#### Лекционный курс

Неделя	№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1-16	<b>1.</b>	<b>Молекулярная физика и термодинамика</b>	
1,2	1.1.	Основные понятия и законы молекулярной	Модель идеального газа. Динамический и статистический методы. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов для давления. Уравнение

		физики	Клапейрона-Менделеева. Физический смысл универсальной газовой постоянной.
3,4,5	1.2.	Первое начало термодинамики	Молекулярно-кинетическое толкование абсолютной температуры. Температурные шкалы: эмпирическая, абсолютная, термодинамическая, международная, практическая.
6-8	1.3.	Статистические распределения	Число степеней свободы. Закон равнораспределения энергии по степеням свободы молекул. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул.
9-11	1.4.	Явления переноса	Равновесное и неравновесное состояния газа. Равновесные и неравновесные
12,13	1.5.	Второе начало термодинамика	процессы. Внутренняя энергия идеального газа. Работа газа при расширении. Графическое представление работы. Количество теплоты. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Удельная и молярная теплоемкости. Теплоемкость при постоянном давлении и постоянном объеме. Классическая молекулярно-кинетическая теория теплоемкости идеальных газов и ее ограниченность.
14	1.6.	Реальные газы	Адиабатический процесс. Политропический процесс. Показатель политропы для изохорического, изотермического, изобарического процессов. Работа, совершаемая газом при различных процессах.
15,16	1.7.	Жидкое и кристаллическое состояние вещества	Случайные события. Вероятность. Сложение и умножение вероятностей.

*Практические/семинарские занятия*

Неделя	№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1-16	<b>1.</b>	<b>Молекулярная физика и термодинамика</b>	
1-5	1.1.	Основные понятия и законы молекулярной физики	Модель идеального газа. Динамический и статистический методы. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов для давления. Уравнение Клапейрона-Менделеева.
6-10	1.2.	Первое начало термодинамики	Число степеней свободы. Закон равнораспределения энергии по степеням свободы молекул. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул.
11-15	1.5.	Второе начало термодинамика	Равновесное и неравновесное состояния газа. Равновесные и неравновесные процессы. Внутренняя энергия идеального газа. Работа газа при расширении. Графическое представление работы. Количество теплоты. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Удельная и молярная теплоемкости. Теплоемкость при постоянном давлении и постоянном объеме. Классическая молекулярно-кинетическая теория теплоемкости идеальных газов и ее ограниченность.

*Лабораторные занятия*

Неделя	№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1-16	<b>1.</b>	<b>Молекулярная физика и термодинамика</b>	

1,2	1.1.	Основные понятия и законы молекулярной физики	Основные понятия и законы молекулярной физики
3,4,5	1.2.	Первое начало термодинамики	Первое начало термодинамики
6-8	1.3.	Статистические распределения	Статистические распределения
9-11	1.4.	Явления переноса	Явления переноса
12,13	1.5.	Второе начало термодинамики	Второе начало термодинамики
14	1.6.	Реальные газы	Реальные газы
15,16	1.7.	Жидкое и кристаллическое состояние вещества	Жидкое и кристаллическое состояние вещества

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Лабораторный практикум по курсу «Общая физика», раздел «Молекулярная физика» / под редакцией Маркина А.П. и Мастерова В.С. – Обнинск: ИАТЭ, 1998.
2. Гурбич А.Ф. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Общая физика». – Обнинск: ИАТЭ, 1999.

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
<b>Текущая аттестация, 2 семестр</b>			
1.	Раздел 1	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1 З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1 З-УКЕ-1; У-УКЕ-1; В-УКЕ-1	Коллоквиум Контрольная работа
<b>Промежуточная аттестация, 2 семестр</b>			
	Экзамен	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1 З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1 З-УКЕ-1; У-УКЕ-1; В-УКЕ-1	Экзаменационный билет

### 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

### 8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

- контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
- контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум
<b>Текущая аттестация</b>	<b>1-16</b>	<b>36</b>	<b>60</b>
<b>Контрольная точка № 1</b>	<b>7-8</b>	<b>18</b>	<b>30</b>
<i>Коллоквиум</i>	7	18	30
<b>Контрольная точка № 2</b>	<b>15-16</b>	<b>18</b>	<b>30</b>
<i>Контрольная работа</i>	15	18	30
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>-</b>	<b>24</b>	<b>40</b>
<i>Экзамен</i>	-		
<i>Экзаменационный билет</i>	-	24	40
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

\* Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

Студент считается аттестованным по разделу, зачету или экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, зачету/экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

#### ***Определение бонусов и штрафов***

Бонусы: поощрительные баллы студент может получить к своему рейтингу в конце семестра за присутствие на лекциях, практических и лабораторных занятиях и активную и регулярную работу на занятиях.

Бонус (премиальные баллы) не может превышать 5 баллов, вместе с баллами за текущую аттестацию – не более 60 баллов за семестр.

#### ***8.4. Шкала оценки образовательных достижений***

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
90-100	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы
85-89	4 - «хорошо»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
60-64			
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) основная учебная литература:

1. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3-х тт. Т.1. Механика. Молекулярная физика. – М.: Лань, 2009-2011. (13 экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).
2. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 3. Молекулярная физика и термодинамика. – М.: Лань, 2011. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).
3. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. – М.: "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2010-2014. (69 экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).
4. Иродов И.Е. Физика макросистем. Основные законы. – М.: "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2012. (1, ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).

### б) дополнительная учебная литература:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 2. Термодинамика и молекулярная физика. – М.: Физматлит, 2006. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Книга 2. – М.: АСТ, 2002 (200 экз.).

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронно-библиотечная система [ibooks.ru](http://ibooks.ru/) [Электронный ресурс] – URL: <http://ibooks.ru/>.
2. Электронно-библиотечная система «Лань» [Электронный ресурс] – URL: <http://e.lanbook.com/http://ibooks.ru/>.
3. Образовательная платформа «Юрайт» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.biblio-online.ru/http://ibooks.ru/>.
4. Электронная библиотечная система «Купер бук» [Электронный ресурс] – URL: <http://kuperbook.biblioclub.ru/http://ibooks.ru/>.
5. Электронная библиотечная система «Консультант студента» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.studentlibrary.ru/http://ibooks.ru/>.
6. Центр информационно-библиотечного обеспечения учебно-научной деятельности НИЯУ МИФИ [Электронный ресурс] – URL: <http://library.mephi.ru>. <http://ibooks.ru/>.

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Планомерная организация последовательности различных видов аудиторных занятий (лекций и практических занятий) в сочетании с внеаудиторной работой студента. При изложении разделов (тем) указание на связь с учебным материалом других дисциплин учебного плана, а также практическими приложениями к технологии жидкометаллических теплоносителей. Систематические индивидуальные консультации. Стимулирование использования в процессе обучения компьютерной техники и информационных технологий.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	При подготовки к практическим занятиям повторить основные понятия по темам лекционных занятий задания. Решая поставленные задания, предварительно понять, какой теоретический материал нужно изучить. При возникновении трудностей с решением или пониманием сформулировать и задать вопросы преподавателю
Лабораторные занятия	При подготовке к лабораторным работам следует ознакомиться с методическими руководствами по работе с изучаемыми программными комплексами. Важно внимательно ознакомиться с функционалом и возможностями данных комплексов. При защите лабораторных работ важно детально разбираться в теоретических аспектах ПК.
Доклад	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением доклада.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Коллоквиум	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и др.
Индивидуальное домашнее задание	При выполнении индивидуальных заданий необходимо сначала прочитать теорию и изучить примеры по каждой теме. Решая конкретную задачу,

	предварительно следует понять, что требуется от Вас в данном случае, какой теоретический материал нужно использовать, наметить общую схему решения. Если Вы решали задачу «по образцу» рассмотренного на аудиторном занятии или в методическом пособии примера, то желательно после этого обдумать процесс решения и попробовать решить аналогичную задачу самостоятельно.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, перечень ресурсов сети интернет. Дополнительно к изучению конспектов лекций необходимо пользоваться учебниками по ядерным технологиям. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемых тем дисциплины. При подготовке к зачету нужно освоить теорию: разобрать определения всех понятий, рассмотреть примеры и самостоятельно решить несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо комментировать свои действия и не забывать о содержательной интерпретации.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, задачи практических занятий, рекомендуемую литературу и интернет источники. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемой дисциплины.

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

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешанном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

### **12.1. Перечень информационных технологий**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- проведение лекций и практических занятий с использованием слайд-презентаций;
- использование компьютерного тестирования;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и ЭИОС.

### **12.2. Перечень программного обеспечения**

- Редактор презентаций Microsoft PowerPoint;
- Браузеры: Google Chrome, Internet Explorer, Yandex, Mozilla Firefox, Opera.
- Локальная компьютерная сеть и глобальная сеть Интернет.

### **12.3. Перечень информационных справочных систем**

Доступ к электронным библиотечным ресурсам и электронной библиотечной системе (ЭБС) осуществляется посредством специальных разделов на официальном сайте ИАТЭ НИЯУ МИФИ. Обеспечен доступ к электронным каталогам библиотеки ИАТЭ НИЯУ МИФИ, а также электронным образовательным ресурсам (ЭИОС), сформированным на основании прямых договоров с правообладателями учебной и учебно-методической литературы, методических пособий:

- 1) Информационные ресурсы Сети Консультант Плюс, [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) (информация нормативно-правового характера на основе современных компьютерных и телекоммуникационных технологий);
- 2) Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ, [http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK](http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK);
- 3) ЭБС «Издательства Лань», <https://e.lanbook.com/>;
- 4) Электронно-библиотечная система BOOK.ru, [www.book.ru](http://www.book.ru);
- 5) Базы данных «Электронно-библиотечная система eLibrary» (ЭБС eLibrary);
- 6) Базовая версия ЭБС IPRbooks, [www.iprbooks.ru](http://www.iprbooks.ru);
- 7) Базы данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru);
- 8) Электронно-библиотечная система «Айбукс.ру/ibooks.ru», <http://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf>
- 9) Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ», <http://urait.ru/>.

## **13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Аудиторный фонд института.
2. Учебная лаборатория "Молекулярная физика".
3. Библиотечный фонд института.

## **14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ**

### **14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

На лекциях и семинарах постоянно используются следующие интерактивные методы обучения: диспут, групповая дискуссия, дебаты, мозговой штурм, проблемная и интерактивная лекции.

### **14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)**

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Том 1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. – М.:, Издательство «Лань», 2006. С. 246-261 (Гидродинамика).
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Том 1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. – М.:, Издательство «Лань», 2006. С. 324-332. (Определение Перрреном числа Авогадро).
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Том 1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. – М.:, Издательство «Лань», 2006. С. 324-332. (Статистический вес).
4. Савельев И.В. Курс общей физики. Том 1. Механика. Молекулярная физика и

термодинамика. – М.:, Издательство «Лань», 2006. (Термодинамические потенциалы. Внутренняя энергия. Свободная энергия. Энтальпия).

### 14.3. Краткий терминологический словарь

**Адиабатическим** называется процесс, происходящий в условия теплоизоляции (без теплообмена со средой).

**Барометрическая формула Лапласа** дает зависимость давления от высоты:  $p = p_0 \exp(-\mu gh/RT)$ , где  $\mu$  – молярная масса газа,  $h$  – высота,  $T$  – температура,  $p_0$  – давление у поверхности Земли,  $R = 8,31 \cdot 10^3$  Дж/кмоль·К – универсальная газовая постоянная. Таким образом, давление экспоненциально убывает с высотой. Формула выведена при условии постоянства температуры и однородности поля тяготения. Поэтому для реальной атмосферы выполняется лишь приближенно и при небольшом изменении высоты.

**Вакуумом** называется состояние разрежения, когда соударения молекул друг с другом немногочисленны по сравнению с соударениями со стенками сосуда. Степень разрежения зависит от соотношения среднего свободного пробега и линейных размеров сосуда.

Вакуумные насосы применяются для создания *вакуума*. Различают насосы предварительного вакуума (для создания давления порядка  $10^{-3}$  мм рт. ст.) и насосы высокого вакуума (для создания давления порядка  $10^{-7}$  мм рт. ст. и ниже).

**Вечным двигателем второго рода** называется устройство, превращающее в полезную работу все количество теплоты, полученное от нагревателя (без передачи некоторого количества теплоты холодильнику). Утверждение о невозможности вечного двигателя второго рода – одна из возможных формулировок *второго начала термодинамики*.

**Вечным двигателем первого рода** называется устройство, создающее энергию из ничего. Невозможность такого двигателя вытекает из *первого начала термодинамики* (закона сохранения энергии).

**Внутренним трением** называется возникновение силы трения между слоями жидкости или газа, движущимися с разными скоростями. Причиной внутреннего трения является хаотическое тепловое движение. См. также *Явления переноса*.

**Внутренней энергией (U)** называется общий запас энергии *системы* за вычетом кинетической энергии системы как целого и потенциальной энергии системы как целого во внешнем потенциальном поле. Внутренняя энергия *идеального газа* равна суммарной кинетической энергии молекул.

**Существует свыше 20 формулировок второго начала термодинамики.** Первая формулировка: теплота может самопроизвольно передаваться только от более нагретых тел к менее нагретым. Еще одна формулировка: в замкнутой (изолированной) системе при неравновесном *теплообмене энтропия* системы возрастает, достигая максимума при достижении системой равновесия. Второе начало указывает, таким образом, на направление процессов.

**Фазы (агрегатные состояния) вещества** находятся в динамическом равновесии, если количество молекул, переходящих из первой фазы во вторую в единицу времени, равно числу молекул, переходящих за то же время из второй фазы в первую. Равновесие может быть на границе «жидкость-пар», «твердое тело-жидкость» и «твердое тело-пар». Давление, соответствующее равновесию, зависит от температуры. См. также *Тройная точка*.

**Диффузией** называется процесс выравнивания концентраций соприкасающихся слоев жидкости или газа вследствие хаотического (теплового) движения молекул. Диффузия приводит к тому, что примеси в жидкости или газе распространяются от места их введения. См. также *Явления переноса*.

**Закон Бойля-Мариотта** утверждает, что для данной массы газа, при постоянной температуре, произведение давления на объем есть величина постоянная:  $pV = \text{const}$ .

**Закон Гей-Люссака** утверждает, что для данной массы газа, при постоянном давлении, объем газа прямо пропорционален абсолютной температуре:  $(V_1/V_2) = (T_1/T_2)$ .

**Закон Гука** выражает линейную зависимость между напряжениями и малыми деформациями в упругой среде. Английский ученый Р.Гук обнаружил (1660), что при растяжении стержня

длиною  $l$  и площадью поперечного сечения  $S$  удлинение стержня  $\Delta l$  пропорционально растягивающей силе  $F$ . Еще одна форма записи закона Гука:  $\sigma = E\varepsilon$ , где  $\sigma = F/S$  – нормальное напряжение в поперечном сечении,  $\varepsilon = \Delta l/l$  – относительное удлинение стержня. Коэффициент пропорциональности  $E$  называется модулем Юнга.

**Закон Дальтона** гласит: давление смеси химически не взаимодействующих газов равно сумме *парциальных давлений* отдельных компонентов.

**Закон Дюлонга и Пти** утверждает, что атомная теплоемкость химически простого кристаллического твердого тела одинакова для всех таких тел, не зависит от температуры и равна  $c_a = 3R$ , где  $R = 8,31 \cdot 10^3$  Дж/кмоль·К – универсальная газовая постоянная. При низких температурах закон перестает выполняться, а при  $T \rightarrow 0$   $c_a \rightarrow 0$ . Объяснить указанное затруднение удалось квантовой теории теплоемкости (Эйнштейн, 1907; Дебай, 1914).

**Закон Шарля** утверждает, что для данной массы газа, при постоянном объеме, давление газа прямо пропорционально абсолютной температуре:

$$(p_1/p_2) = (T_1/T_2).$$

**Идеальной** называется тепловая машина, работающая по *циклу Карно*.

**Идеальной холодильной машиной** называется холодильная машина, работающая по обратному *циклу Карно*.

**Идеальным газом** называют систему, свойства которой описываются уравнением Клапейрона-Менделеева  $pV = (m/\mu)RT$ , где  $p$  – давление,  $V$  – объем,  $T$  – температура,  $m$  – масса,  $\mu$  – масса одного киломоля,  $R = 8,31 \cdot 10^3$  Дж/кмоль·К – универсальная газовая постоянная. С точки зрения молекулярно-кинетической теории идеальный газ – это газ, молекулы которого имеют нулевой собственный объем и не взаимодействуют на расстоянии. Реальный газ при условиях, близких к нормальным, можно приближенно считать идеальным.

**Изобарическим** называется процесс, происходящий при постоянном давлении ( $p = \text{const}$ ).

**Испарение** это процесс *парообразования*, происходящий при любой температуре с поверхности жидкости.

**Изотермическим** называется процесс, происходящий при постоянной температуре ( $T = \text{const}$ ).

**Конвекцией** называется процесс перемешивания слоев жидкости или газа, имеющих разную *температуру* и находящихся в поле тяготения. Причиной конвекции является зависимость плотности жидкости или газа от температуры. Конвекция – один из способов *теплообмена*.

**Краевым углом** называется угол  $\theta$  между касательной к поверхности жидкости в точке соприкосновения с твердым телом и поверхностью твердого тела. В случае смачивания краевой угол острый, в случае несмачивания – тупой.

**Критическая температура** – *температура*, выше которой газ невозможно сжатием превратить в жидкость. При температуре ниже критической изотерма сжатия в координатах ( $p$ ,  $V$ ) имеет горизонтальный участок – линию плавления.

**Изохорическим** называется процесс, происходящий при постоянном объеме ( $V = \text{const}$ ).

**Капилляры** – тонкие трубки диаметром 0,01 – 0,1 мм. При опускании их в смачивающую жидкость уровень жидкости в капилляре оказывается выше уровня жидкости в сосуде, а при опускании в несмачивающую жидкость – ниже. Высота подъема жидкости в капилляре определяется по формуле Жюрена:  $h = 4\cos\theta \cdot \alpha/d\rho g$ , где  $\theta$  – краевой угол,  $\alpha$  – *коэффициент поверхностного натяжения*,  $d$  – диаметр капилляра,  $\rho$  – плотность жидкости,  $g$  – ускорение свободного падения.

**Кипением** называется процесс парообразования, происходящий не только со свободной поверхности жидкости, но и во всем объеме, внутри образующихся пузырьков пара. Пузырьки пара увеличиваются в размерах и всплывают на поверхность и лопаются, создавая характерную картину кипения. Температура кипения соответствует равенству давления насыщенного пара жидкости внешнему давлению.

**Количество теплоты** – это энергия, полученная (или отданная) системой при *теплообмене*. По аналогии с выражением для элементарной работы  $\delta A = pdV$  можно записать для элементарного количества теплоты:  $\delta Q = TdS$ . *Температура* здесь играет роль термической «силы», а *энтропия* – термической «координаты».

Каждому *взаимодействию* отвечает некоторая физическая величина, характеризующая систему и называемая координатой состояния. Для термомеханической системы это объем  $V$  и

**энтропия**  $S$ . Число координат состояния определяет число степеней свободы. Так, термомеханическая система имеет две степени свободы.

**Коэффициент поверхностного натяжения**  $\alpha$  определяется как отношение силы поверхностного натяжения, действующей на контур, ограничивающий свободную поверхность жидкости, к длине этого контура.

**Кристалл** – твердое тело, частицы которого расположены упорядоченно. Главным отличием кристаллов от аморфных твердых тел является анизотропия физических свойств (зависимость свойств от направления). См. также *Кристаллическая решетка*.

**Кристаллическая решетка** – изображение положения центров атомов или молекул в кристалле. **Элементарная ячейка** – наименьшая часть решетки, отображающая структуру кристалла. Повторение элементарной ячейки путем параллельного переноса можно получить решетку в целом.

**Критической называется температура**, выше которой газ нельзя превратить в жидкость увеличением давления. Критическая температура у разных веществ может быть довольно высокой и очень низкой. Например, у водяного пара она равна 647 К, а у молекулярного водорода 33 К, а у гелия 5,2 К. См. также *Пар*.

**Макросостояние** – состояние термодинамической системы, задаваемое набором макроскопических параметров (давление, объем, температура и пр.), характеризующих систему в целом. Одно макросостояние может быть реализовано большим (даже очень большим) числом *микросостояний*. См. также *Термодинамическая вероятность*.

**Микросостояние** – состояние термодинамической системы, задаваемое набором величин, характеризующих каждую микрочастицу (координата, импульс, энергия и т. д.).

**МКТ** – теория тепловых явлений, основанная на представлении о мельчайших частицах вещества – атомах и молекулах. Современное название МКТ – статистическая физика. См. также *Основные положения молекулярно-кинетической теории*.

**Насыщенным называется пар**, находящийся в *динамическом равновесии* с жидкостью.

**Наивероятнейшей называется скорость**  $v_v$ , соответствующая максимуму функции распределения Максвелла. См. также *Распределение Максвелла*.

**Наивероятнейшая скорость пропорциональна** корню квадратному из абсолютной температуры.

**Неравенство Клаузиуса** есть математическая запись *второго начала термодинамики* для необратимых процессов в неизолированной системе: если система совершает *цикл (круговой процесс)*, то изменение ее *энтропии* равно нулю. Алгебраическая сумма приведенных *количеств теплоты*, сообщенных при этом системе, равно нулю в *обратимом процессе* и меньше нуля в *необратимом процессе*. Приведенное количество теплоты – это количество теплоты, полученное системой от нагревателя (или отданное холодильнику), отнесенное к соответствующей температуре.

**Нормальными называются условия**, когда система (например, газ) находится при давлении  $p = 1,013 \cdot 10^5$  Па (760 мм рт. ст.) и температуре  $T = 273$  К ( $0^\circ\text{C}$ ).

Обратимым называется процесс, который можно провести в прямом и обратном направлении через одни и те же промежуточные состояния без изменения в окружающих телах. Обратимыми являются *равновесные процессы*.

**Опытные газовые законы** – это *законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака и Шарля*.

**Основные положения МКТ:**

- все тела состоят из мельчайших частиц, атомов и молекул;
- частицы эти находятся в состоянии непрерывного хаотического движения, называемого тепловым;
- между частицами имеются силы притяжения и отталкивания;
- движение каждой частицы подчиняется законам классической механики.

**Пар** – это газ при температуре ниже критической. Пар можно превратить в жидкость простым сжатием. Всякий пар – это газ, но не всякий газ есть пар. См. также *Критическая температура*.

**Координаты и потенциалы** называются параметрами состояния. Например, для термомеханической системы параметрами состояния будут: объем ( $V$ ), *энтропия* ( $S$ ), давление ( $p$ ) и *температура* ( $T$ ).

**Парциальным давлением газа** называется давление, которое было бы, если бы этот газ занимал объем, занимаемый смесью газов. См. также *Закон Дальтона*.

**Первое начало термодинамики** – закон сохранения энергии, записанный в чрезвычайно общей форме, включающий изменение энергии за счет *теплообмена*. В стандартных обозначениях:  $\Delta Q = \Delta U + A$  – количество теплоты, сообщаемое системе ( $\Delta Q$ ), идет на повышение внутренней энергии системы ( $\Delta U$ ) и на совершение работы ( $A$ ). Закон сохранения механической энергии – частный случай первого начала термодинамики.

**Политропическим называется процесс**, описываемый уравнением  $pV^n = \text{const}$ , где  $n$  – некоторое действительное число (показатель политропы). *Изотермический* ( $n = 1$ ), *изобарический* ( $n = 0$ ), *изохорический* ( $n = \infty$ ) и *адиабатический* ( $n = \gamma$ ,  $\gamma = c_p/c_v$ ) процессы – частные случаи политропического процесса.

Для любого *взаимодействия* существует величина, **называемая потенциалом**. Условием возникновения взаимодействия является разность потенциалов *системы и среды*. Для механического взаимодействия потенциалом является давление, для теплообмена – температура. Давление, рассматриваемое как термодинамический потенциал, берется со знаком минус.

**Принцип равномерного распределения энергии по степеням свободы** сформулирован Максвеллом: если система находится в состоянии равновесия при температуре  $T$ , то энергия распределяется по степеням свободы равномерно и на каждую степень свободы приходится энергия  $(1/2)kT$ , где  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К – постоянная Больцмана.

**Работой** называется макрофизический способ изменения *внутренней энергии системы*, сопровождающийся макроскопическим движением. Ср.: *Теплообмен*. Энергия, которую система получает (или отдает) при этом процессе, называется так же работой ( $A$ ).

**Равновесные распределения** – формулы, показывающие, как распределяются молекулы по энергиям и скоростям. См. *Распределение Больцмана* и *Распределение Максвелла*.

**Равновесным называется процесс**, протекающий бесконечно медленно и представляющий собой последовательность равновесных состояний. Равновесный процесс протекает при наличии бесконечно малой разности *потенциалов системы и среды*. Равновесные процессы изучает раздел *термодинамики – термостатика*. Реальный процесс можно считать равновесным, если он протекает достаточно медленно.

**Распределение Больцмана** – *равновесное распределение* молекул в потенциальном поле:  $n = n_0 \exp(-\Delta E/kT)$ , где  $n_0$  – концентрация молекул там, где потенциальная энергия принимается равной нулю;  $n$  – концентрация там, где потенциальная энергия равна  $\Delta E$ ;  $T$  – температура;  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К – постоянная Больцмана. При  $T \rightarrow \infty$   $n = n_0$ , т. е. концентрации выравниваются с повышением температуры.

**Распределение Максвелла** – *равновесное распределение* молекул по скоростям:  $f(u) = (\Delta n/n\Delta u) = (4/\sqrt{\pi})u^2 e^{-u^2}$ , где  $\Delta n$  – число молекул, скорости которых лежат в интервале от  $u$  до  $(u + \Delta u)$ ;  $n$  – общее число молекул;  $u = v/v_v$  – относительная скорость, т. е. отношение скорости молекулы  $v$  к наивероятнейшей скорости  $v_v$ . Отношение  $\Delta n/n$  можно интерпретировать как априорную вероятность того, что у наугад взятой молекулы скорость окажется в интервале от  $u$  до  $(u + \Delta u)$ .

**Свободный пробег** есть расстояние, которое проходит молекула между двумя соударениями. В *молекулярно-кинетической теории* вводится понятие среднего свободного пробега.

**Термодинамическая система** – это часть Вселенной, выделенная для исследования. Средой может быть и газ в сосуде и скопление галактик. Среда – все остальное (то, что не вошло в систему).

**Степени свободы** – независимые координаты, определяющие положение тела (молекулы) в пространстве.

**Температура** – физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия макроскопической *системы*. С точки зрения *термодинамики* температура есть мера отклонения данного тела от состояния термодинамического равновесия с другим телом. Общее определение: температура есть производная от *внутренней энергии* системы по *энтропии*. Для *идеального газа* температура есть мера средней кинетической энергии молекулы.

Творцы *второго начала термодинамики* Томсон и Клаузиус распространили второе начало на

всю Вселенную, рассматривая ее как замкнутую *систему*. Ход их рассуждений был таков. Все виды энергии могут без ограничений переходить во внутреннюю энергию (в энергию хаотического движения частиц, как часто говорят, в теплоту). Теплота самопроизвольно передается от более нагретых к менее нагретым телам. Образно говоря, все виды энергии стекают в тепловой океан. В конце концов наступает равновесие при температуре, близкой к абсолютному нулю. Наступает тепловая смерть Вселенной. Критика этой теории основана на двух положениях. Во-первых, Вселенную нельзя считать замкнутой системой, так как понятие система предполагает наличие *среды*. Во-вторых, во Вселенной существуют процессы концентрации энергии, механизма которых мы не знаем. См. также **Второе начало термодинамики**.

Тепловое расширение твердых тел (увеличение размеров при нагревании) объясняется асимметрией потенциальной кривой зависимости потенциальной энергии от расстояния между атомами.

**Тепловыми машинами** называются устройства для преобразования *внутренней энергии* в механическую работу. Любая тепловая машина состоит из нагревателя, холодильника и рабочего тела. К тепловым машинам относятся паровые машины, паровые и газовые турбины, двигатели внутреннего сгорания, реактивные двигатели и т. д.

**Теплоемкостью тела (системы)** называется *количество теплоты*, необходимое для нагревания тела (*системы*) на один кельвин. Если расчет ведется на один килограмм, теплоемкость называется удельной, если на один (кило)моль – (кило)молярной.

**Теплопроводностью** называется процесс выравнивания температур при соприкосновении тел (твердых, жидких или газообразных), имеющих разную температуру. Теплопроводность объясняется переходом энергии от более нагретых к менее нагретым областям при отсутствии (если это газ или жидкость) перемешивания или *конвекции*. См. также *Явления переноса*.

**Теплообменом** (или теплопередачей) называется микрофизический способ изменения *внутренней энергии системы*, не связанный с макроскопическим движением. См. также *Количество теплоты*.

**Термодинамика** – наука о самых разнообразных процессах и сопровождающих их энергетических превращениях. Термодинамика относится к области макрофизики, она отвлекается от подразумеваемого молекулярного строения вещества и учитывает лишь поведение *системы* в целом. Делится на *термостатику* и собственно термодинамику.

**Термодинамическая вероятность  $W$**  – число *микросостояний*, с помощью которых реализуется данное *макросостояние*.

**Термодинамическим процессом** называется изменение *координат состояния* системы при наличии разности *потенциалов системы и среды*. См. также *Равновесный процесс*.

**Термодинамическим равновесием** называется состояние, при котором макроскопические *параметры состояния* всюду постоянны и не изменяются с течением времени.

**Третье начало термодинамики** утверждает, что *энтропия* системы при абсолютном нуле температуры равна нулю (теорема Нернста, 1906).

**Деформация называется упругой**, если при снятии деформирующей силы размеры и форма тела восстанавливаются. См. также *Закон Гука*.

**Тройной точкой** называется точка на диаграмме ( $p$ ,  $T$ ), в которой пересекаются кривые фазового равновесия. Если вещество находится при давлении и температуре, соответствующих тройной точке, то все три фазы (твердая, жидкая и газообразная) находятся в *динамическом равновесии*. Например, для воды:  $p_{тр} = 610$  Па,  $T_{тр} = 273,16$  К.

**Уравнение Ван-дер-Ваальса** это *уравнение состояния* реального газа, в котором учитывается собственный объем молекул и силы притяжения между ними:  $[p + (a/V_{\mu}^2)](V_{\mu} - b) = RT$ , где  $a$  и  $b$  – поправки на силы притяжения и на собственный объем молекул. См. также *Уравнение Клапейрона-Менделеева*.

**Уравнение Клапейрона-Клаузиуса** описывает фазовые переходы 1-го рода:  $(dp/dT) = \lambda/T(V_2 - V_1)$ . Здесь  $V_1$  и  $V_2$  – удельные объемы низко- и высокотемпературной фазы, соответственно;  $\lambda$  – удельная теплота перехода. В левой части уравнения стоит производная от давления по температуре.

**Уравнение Клапейрона-Менделеева** – уравнение состояния *идеального газа*:  $pV = (m/\mu)RT$ ,

где  $p$  – давление,  $V$  – объем,  $T$  – температура,  $m$  – масса,  $\mu$  – масса одного киломоля,  $R = 8,31 \cdot 10^3$  Дж/кмоль·К – универсальная газовая постоянная.

**Уравнение Майера** связывает молярные теплоемкости при постоянном давлении и при постоянном объеме:  $c_{mp} - c_{mv} = R$ ,

где  $R = 8,31 \cdot 10^3$  Дж/кмоль·К – универсальная газовая постоянная.

**Уравнение МКТ для давления** имеет вид:  $p = (1/3)m_0n_0v_{кв}^2$ . Здесь  $m_0$  – масса одной молекулы,  $n_0$  – концентрация молекул,  $v_{кв}$  – средняя квадратичная скорость.

**Уравнение МКТ для энергии** имеет вид:  $E_{cp} = (i/2)kT$ . Здесь  $E_{cp}$  – средняя кинетическая энергия одной молекулы,  $T$  – температура,  $i$  – число степеней свободы,  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К – постоянная Больцмана.

**Уравнением состояния** называется уравнение, связывающее *параметры состояния*. Для *идеального газа* уравнением состояния является *уравнение Клапейрона-Менделеева*.

**Уравнения Пуассона** связывают попарно давление, объем и температуру при *адиабатическом процессе*:  $TV^{\gamma-1} = \text{const}$ ,  $pV^\gamma = \text{const}$ ,  $T^\gamma/p^{\gamma-1} = \text{const}$ . Здесь  $\gamma = c_p/c_v$  – отношение газовых теплоемкостей.

**Фазовым переходом первого рода** называется превращение, сопровождающееся выделением или поглощением энергии (скрытой теплоты перехода) и изменением удельного объема. К таким переходам, в частности, относятся: плавление и кристаллизация, испарение и конденсация, сублимация (испарение твердых тел) и конденсация.

**Фазовым переходом второго рода** называется превращение, происходящее без поглощения или выделения теплоты и изменения удельного объема. Примеры фазовых переходов второго рода: переход ферромагнетика в парамагнитное состояние при температуре Кюри, переход металла в сверхпроводящее состояние и пр.

**Формула Больцмана-Планка** связывает *энтропию*  $S$  и *термодинамическую вероятность*  $W$ :  $S = k \ln W$ .

**Функцией состояния** называется величина, однозначно определяемая набором *координат состояния* системы. Примеры функций состояния: *внутренняя энергия*, *энтропия* и пр. В принципе любой *параметр состояния* может рассматриваться как функция состояния.

**Холодильные машины** – устройства, отнимающие теплоту от тела с более низкой температурой и передача теплоты телу с более высокой температурой за счет совершения работы. Принцип действия основан на испарении летучих жидкостей (аммиак, фреон) при пониженном давлении. Широко применяются в производстве, науке и технике (пищевая, химическая и металлообрабатывающая промышленность, строительная техника и пр.).

**Циклом Карно** называется *цикл*, состоящий из двух изотерм и двух адиабат.

КПД цикла Карно зависит только от температур нагревателя ( $T_1$ ) и холодильника ( $T_2$ ):  $\eta = (T_1 - T_2)/T_1$ . Этот коэффициент максимальный из всех циклов, осуществляемых с данным нагревателем и холодильником и не зависит от природы рабочего тела.

**Циклическим или круговым процессом** называется последовательность превращений, в результате которой система возвращается в исходное состояние. Циклы могут быть равновесными и неравновесными. На диаграмме *равновесные* круговые процессы изображаются замкнутыми кривыми. На диаграмме ( $p, V$ ) прямой цикл осуществляется по часовой стрелке, обратный – против часовой стрелки.

**Энтропией** называется *функция состояния* системы, дифференциал которой равен отношению элементарного количества теплоты, полученного системой в элементарном обратимом процессе, к температуре. При неравновесном теплообмене в изолированной системе энтропия системы возрастает. См. также *Второе начало термодинамики*.

**Эффектом Джоуля-Томсона** называется изменение температуры реального газа при адиабатическом расширении. Если газ при этом охлаждается, эффект называется положительным, если нагревается – отрицательным. При нормальных условиях большинство газов обнаруживают положительный эффект (исключения – водород и гелий). Применяется для получения жидких газов.

К явлениям переноса относится группа явлений, имеющих сходный механизм: *внутреннее трение (вязкость)*, *теплопроводность*, *диффузия*.

Переносится за счет хаотического теплового движения, соответственно, импульс, кинетическая

энергия, масса.

## **15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

**Для лиц с нарушением слуха** возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а также, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае студент предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

**Для лиц с нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а также использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний студентов на семинарских занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

**Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата** не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия студент может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем студент в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Программу составил:

**Ю.А. Коровин**

заведующий кафедрой ОиСФ, доктор физико-математических наук, профессор

Рецензент:

**В.Л. Шаблов**

профессор отделения ядерной физики и технологий (О), доктор физико-математических наук, профессор