

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Проректор по учебной работе**

**А.А. Воронов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Общая физика: лабораторный практикум. Часть 2
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Управление инновациями в бизнесе Физтех-школа бизнеса высоких технологий кафедра общей физики
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 40 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 40 час.

Самостоятельная работа: 50 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составили:

В.В. Усков, доцент, доцент

П.В. Попов, канд. физ.-мат. наук, доцент

И.С. Юдин, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры общей физики 12.05.2022

## Аннотация

В лабораторном практикуме по общей физике студенты выполняют лабораторные работы по разделу курса общей физики: «Термодинамика и молекулярная физика». В лаборатории кафедры представлено достаточное количество установок по каждому разделу курса. Лабораторные установки группируются по темам раздела. Темы лабораторных работ организованы в маршруты, по которым проводится выполнение работ студентами. Для каждой лабораторной работы подготовлены специальные описания: описание темы работы, описание эксперимента, проводимого в лабораторной работе и техническое описание лабораторной установки. В лабораторном практикуме рассматриваются ключевые понятия экспериментальной физики, студенты обучаются элементарным экспериментальным методам, а также навыкам работы с оборудованием.

Практическая работа в лаборатории позволяет студентам разобраться в базовых физических вопросах, без которых невозможно глубокое понимание общей физики. Для успешного освоения лабораторного практикума слушателю необходимо владеть базовыми навыками проведения эксперимента, полученными в школе, владеть основами математического анализа, знать основы линейной алгебры, теории вероятностей, а также применять знания, полученные на лекционных и семинарских занятиях по общей физике.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

формирование базовых знаний по физике и умения работать в лаборатории для дальнейшего использования в других дисциплинах естественнонаучного содержания; формирование культуры эксперимента, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

### Задачи дисциплины

- формирование у обучающихся базовых знаний по физике;
- формирование культуры эксперимента: умение работать в лаборатории, знать основные методы эксперимента, устанавливать логические связи между понятиями;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для постановки эксперимента, самостоятельного анализа полученных результатов.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.2 Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений
	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики

ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.7 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- методику проведения эксперимента;
- методику обработки полученных результатов.

уметь:

- работать с современным измерительным оборудованием;
- правильно обрабатывать полученные экспериментальные данные.

владеть:

навыками работы с современным измерительным оборудованием;  
основными математическими инструментами, характерными для задач механики.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Определение $C_p/C_v$ газов методом акустического резонанса			8	10
2	Измерение теплоты фазового перехода			8	10
3	Изучение диффузии			8	10
4	Измерение коэффициента теплопроводности воздуха			8	10
5	Получение и измерение вакуума			8	10
Итого часов				40	50
Подготовка к экзамену		0 час.			

Общая трудоёмкость	90 час., 2 зач.ед.
--------------------	--------------------

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

##### 1. Определение $C_p/C_v$ газов методом акустического резонанса

Измеряется показатель адиабаты методами Клемана-Дезорма и акустического резонанса. Вычисляется значение скорости звука. Измеряются параметры и их зависимость от температуры для воздуха и углекислого газа.

##### 2. Измерение теплоты фазового перехода

С помощью ртутного манометра и термостата измеряется зависимость давления насыщенных паров от температуры для воды и спирта. По полученной зависимости вычисляется теплота парообразования соответствующих жидкостей.

##### 3. Изучение диффузии

Изучаются основные методы получения и измерения вакуума. Исследуется закон откачки в вязкостном режиме при откачке форвакуумным насосом и закон откачки в кнудсеновском режиме при высоком вакууме (с помощью диффузионного масляного или турбомолекулярного насосов). Измерение низкого вакуума проводится масляным, термодарным и терморезисторным вакуумметрами. Высокий вакуум измеряется ионизационным и магнетронным вакуумметрами.

##### 4. Измерение коэффициента теплопроводности воздуха

Исследуется взаимная диффузия воздуха и гелия через тонкую трубку, соединяющую два сосуда. Концентрации газов измеряются терморезисторным датчиком по разности теплопроводности смеси. Исследуется применимость закона Фика и зависимость коэффициента взаимной диффузии от давления.

##### 5. Получение и измерение вакуума

Исследуется зависимость коэффициента теплопроводности воздуха от температуры и давления. Измерения проводятся по нагреву проволоки, заключенной в цилиндрическую воздушную оболочку. Температура внешней оболочки контролируется термостатом, температура проволоки определяется по зависимости сопротивления материала проволоки от температуры. При низком давлении исследуется явление температурного скачка вблизи проволоки.

#### 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Семестр: 2 (Весенний) Термодинамика и молекулярная физика  
Лаборатория 315 ГК.

2.3.1 Получение и измерение в вакууме 6 установок.

2.2.2 Измерение теплопроводности газов при разных давлениях 2 шт.

2.2.3 Измерение теплопроводности газов при атмосферном давлении 4 установки.

2.2.4 Теплопроводность твердого тела 4 установки.

Лаборатория 317 ГК.

2.2.1 Исследование взаимной диффузии газов 6 установок.

2.2.7 Исследование диффузии газов в пористой среде 1 установка.

2.1.6 Эффект Джоуля-Томсона 4 установки.

2.1.5 Исследование термических эффектов, возникающих при упругих деформациях 3 установки.

Лаборатория 319 ГК.

1.3.3 Определение вязкости воздуха по скорости течения через тонкие трубки 6 установок.

2.2.5 Определение вязкости жидкости по скорости истечения через капилляр 4 установки.

2.2.6 Определение энергии активизации по температурной зависимости вязкости жидкости 5 установок.

2.5.1 Измерение коэффициента поверхностного натяжения жидкости -8 установок.

Лаборатория 320 ГК,

2.1.2 Определение  $CP/CV$  методом адиабатического расширения газов 4 установок

2.1.3 Определение  $CP/CV$  по скорости звука в газе. 3 установок.

Лаборатория 324 ГК.

1.3.4 Исследование стационарного потока жидкости в трубе 2 установки.

2.3.2 Изучение процесса электрооткачки. 2 установки

2.3.3 Измерение осмотического давления 1 установка

2.3.5 Определение давления насыщенного пара тугоплавких металлов 1 установка.

2.4.1 Определение теплоты испарения жидкости 6 установок.

2.1.1 Измерение удельной теплоёмкости воздуха при постоянном давлении 2 установки.

2.1.4 Определение теплоёмкости твердых тел 3 установки.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Основы физики [Текст] : Курс общей физики : в 2 т. Т. 1. Механика, электричество и магнетизм. Колебания и волны, волновая оптика / А. С. Кингсеп, Г. Р. Локшин, О. А. Ольхов ; под ред. А. С. Кингсепа. — 2-е изд., испр. — М. : Физматлит, 2007. — 704 с.
2. Лабораторный практикум по общей физике [Текст] : в 3 т. Т. 1 : Механика : учеб. пособие для вузов / под ред. А. Д. Гладуна ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т). — 2-е изд., испр. — М. : МФТИ, 2012. — 292 с.
3. Общий курс физики [Текст] : в 5 т. Т. 2 : Термодинамика и молекулярная физика : учеб. пособие для вузов / Д. В. Сивухин. — 5-е изд., испр. — М. : Физматлит, 2005, 2006, 2011, 2014. — 544 с.
4. Термодинамика, статистическая и молекулярная физика [Текст] : учеб. пособие для вузов / Н. А. Кириченко. — 4-е изд., испр. и доп. — М. : Физматкнига, 2012. — 192 с.
5. Лабораторный практикум по общей физике [Текст] : в 3 т. Т. 1 : Термодинамика и молекулярная физика : учеб. пособие для вузов / под ред. А. Д. Гладуна ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т). — 3-е изд., испр. — М. : МФТИ, 2012. — 292 с.
6. Общий курс физики [Текст] : в 5 т. Т. 3, Ч. 1 : учеб. пособие для вузов / Д. В. Сивухин. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Наука, 1996. — 320 с.
7. Лабораторный практикум по общей физике [Текст] : в 3 т. Т. 2 : Оптика : учеб. пособие для вузов / под ред. А. В. Максимычева ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т). — М. : МФТИ, 2014. — 446 с.

### Дополнительная литература

1. Молекулярная физика и термодинамика [Текст] : Основные положения и решение задач : учеб. пособие для вузов / П. Ф. Коротков ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т). — 3-е изд., испр. и доп. — М. : МФТИ, 2009. — 168 с.
2. Методы решения задач в общем курсе физики. Термодинамика и молекулярная физика [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. П. Корявов. — 2-е изд., испр. — М. : Студент, 2013. — 358 с.

3. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / И. Ф. Щеголев .— 2-е изд., испр. — Долгопрудный : Интеллект, 2008 .— 208 с.

Рекомендованная литература для самостоятельного изучения

1. Относительно относительности [Текст] : [учеб. - метод. пособие для студентов 1 курса МФТИ] / В. Е. Белонучкин ; Моск. физико-техн. ин-т (гос.ун-т .— Долгопрудный : МФТИ, 1996 .— 32 с.
2. Термодинамика [Текст] : учебник для ун-тов / И. П. Базаров .— 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 1991 .— 376 с.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <http://mipt.ru/education/chair/physics/index.php> Сайт кафедры общей физики
2. <http://lib.mipt.ru/catalogue/94/?t=748>- электронная библиотека Физтеха, раздел «Физика».
3. <http://www.physics.ru>- образовательный сайт с элементарными сведениями по физике.
4. <http://www.edu.ru>- федеральный портал «Российское образование».
5. <http://benran.ru>-библиотека по естественным наукам Российской академии наук.
6. <http://www.i-exam.ru>- единый портал Интернет-тестирования в сфере образования.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

На данных компьютерах используются ОС MSWindows, FreeDOS, программа MathCAD, а также программы, разработанные программистами учебно-методического центра кафедры.

В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как Mathcad, Scilab, Originи др.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий курс общей физики, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях,
- подготовку к практическим занятиям, коллоквиумам, дифференцированному зачёту.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные теоретические сведения. Значительно облегчить решение задачи может хорошо выполненный чертеж, если он соответствует условию задачи (прямой угол нарисован прямым, равнобедренный треугольник - равнобедренным и т. д.). При подготовке к практическим занятиям необходимо повторять ранее изученные основные определения, формулировки теорем. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме. Обычно придерживаются следующей схемы: изучение материала лекции по конспекту в тот же день, когда была прослушана лекция (10-15 минут); повторение материала накануне следующей лекции (10-15 минут), проработка учебного материала по конспектам лекций, учебной и научной литературе, подготовка ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения (1 час неделю), подготовка к практическому занятию, решение задач (1 час). Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору или преподавателю, ведущему практические занятия.

Обязательным требованием является выполнение домашних работ, которые оформляются в специально отведённой для этого тетради и систематически сдаются на проверку.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Управление инновациями в бизнесе Физтех-школа бизнеса высоких технологий кафедра общей физики
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчики:**

В.В. Усков, доцент, доцент

П.В. Попов, канд. физ.-мат. наук, доцент

И.С. Юдин, канд. физ.-мат. наук, доцент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.2 Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений
	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.7 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Общая физика: лабораторный практикум. Часть 2» обучающийся должен:

### знать:

- методику проведения эксперимента;
- методику обработки полученных результатов.

**уметь:**

- работать с современным измерительным оборудованием;
- правильно обрабатывать полученные экспериментальные данные.

**владеть:**

навыками работы с современным измерительным оборудованием;  
основными математическими инструментами, характерными для задач механики.

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

1. Дайте определение коэффициента теплопроводности и укажите его размерность.
2. Выведите формулу, аналогичную формуле (3), но учитывающую изменение площади потока тепла от  $S_1$  до  $S_2$ .
3. Выведите формулу (6), учитывающую разную чувствительность термопар.
4. Удаётся ли экспериментально на данной установке проверить, зависит ли коэффициент теплопроводности эталонного материала от температуры? Мешают ли этому тепловые потери через боковые поверхности?
5. Используя экспериментальные значения зависимости температуры от радиуса, постройте изотермы и нарисуйте линии потока тепла (хотя бы три изотермы и три линии потока тепла, но чтобы они охватывали всю площадь сечения пакета пластин).

### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Работа 2.1.2.

1. Зависит ли  $\gamma$  от температуры в выбранном интервале температур?
2. Чему равны  $C_p$ ,  $C_v$  и  $\gamma$  для идеальных газов по теореме о равномерном распределении энергии по степеням свободы?
3. Почему при наполнении сосуда воздух в нём нагревается?
4. Сделайте оценку времени вытекания газа, используя формулу Пуазейля.

Работа 2.1.3.

1. Выведите формулы (1.16) и (1.17).
2. Зависит ли  $\gamma$  от температуры в выбранном интервале температур?
3. Будет ли наблюдаться такая зависимость при изменении температуры от очень малых значений до  $1000^\circ\text{C}$ ?

Работа 2.1.4.

1. Как определяются удельная и молярная теплоёмкости?
2. Чему равна атомная теплоёмкость металла по классической теории? Чему равна молярная теплоёмкость химического соединения?
3. Какие меры рекомендуется применять для уменьшения ошибок измерения, связанных с потерями?

Работа 2.1.5.

1. Какие условия нужно выполнить, чтобы процесс деформации был обратимым?
2. Покажите, что при малых  $\lambda$  и  $\Delta T$  формула (15) приводит к обычным выражениям для упругого растяжения и для теплового расширения.
3. Возможен ли случай, когда деформация резины не сопровождается тепловым эффектом?

Работа 2.1.6.

1. Чем отличаются реальные газы от идеальных?
2. Начертите кривые, выражающие характер зависимости сил взаимодействия и взаимной потенциальной энергии двух молекул от расстояния между ними, и, используя их, объясните причины эффекта Джоуля-Томсона.
3. Какая температура называется критической? Что такое температура инверсии?

4. Объясните качественно знак эффекта Джоуля-Томсона в случае  $a = 0, b \neq 0$  и в случае  $a \neq 0, b = 0$ .

#### Работа 2.2.1.

1. Покажите, что в условиях опыта концентрацию газов можно считать постоянной по всему объёму сосуда  $V_1$  (и  $V_2$ ).
2. Почему следует ожидать, что график зависимости  $D$  от  $1/P$  должен иметь вид прямой линии

#### Работа 2.2.7.

1. Покажите, что в условиях нашего опыта концентрацию газов можно считать постоянной по всему объёму сосуда.
2. В чем различие между молекулярным и вязкостным режимами диффузии?

#### Работа 2.3.1.

1. В каких условиях теплопроводность и вязкость газов не зависят от давления?
2. Почему термовакuumметр не меняет показаний при уменьшении давления ниже 10-4 торр?
3. Для чего в ионизационном манометре движению электронов придан колебательный характер?
4. Почему пропускная способность труб в молекулярном режиме не зависит от размеров молекул?

#### Работа 2.3.2.

1. Какой наилучший вакуум может быть получен в результате электрооткачки в манометрической лампе ЛМ-2, используемой в данной работе?
2. Улучшится или ухудшится вакуум, если процесс электрооткачки вести при дополнительном охлаждении коллектора лампы?

#### Работа 2.3.3.

1. Оцените влияние капиллярных явлений на результаты измерений.
2. При каких концентрациях раствора справедлива формула (1).

#### Работа 2.3.4.

1. Что называется поперечным сечением взаимодействия? Какое поперечное сечение называется упругим, а какое неупругим?
2. Как связаны между собой поперечное сечение и длина свободного пробега? Получите формулу (5).
3. Каким законом определяется зависимость упругости насыщенного пара жидкости от температуры?
4. Почему погружать прибор в жидкость надо полностью, т. е. со всеми его выступающими элементами?

#### Работа 2.3.6.

1. Как меняются давления, регистрируемые лампами 5 ( $P_1$ ) и 7 ( $P_2$ ) в зависимости от времени и от температуры баллона 1?
2. Какой ожидается зависимость отношения давлений  $P_2/P_1$  от температуры баллона 1 при увеличении общего давления в баллоне от 10-3 торр до 1 торр?

#### Работа 2.4.1.

1. В справочниках приводится теплота испарения, измеренная при давлении 760 мм рт. ст. Совпадает ли эта величина с измеренной вами на опыте? Какая из них больше? Оцените разницу между ними.
2. Укажите, исходя из теоретических соображений, в какую сторону должна меняться теплота испарения с увеличением температуры.

#### Критерии оценивания

Из полученных баллов за каждую работу рассчитывается средний балл, который определяет оценку за зачёт.

Оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные глубокие знания учебной программы и за её пределами, а также умение уверенно применять их на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы.

Оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные глубокие знания учебной программы и умение уверенно применять их на практике при решении нестандартных задач.

Оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные глубокие знания учебной программы и умение уверенно применять их на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы, однако допустившему некоторые неточности при ответе.

Оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он продемонстрировал твердое знание и уверенное понимание материала учебной программы и умение свободно применять физические законы на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы.

Оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он продемонстрировал твердое знание материала учебной программы и умение применять физические законы на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы.

Оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он продемонстрировал твердое знание и понимание материала учебной программы и умение применять физические законы на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы, однако допустил при ответе ряд грубых неточностей.

Оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный характер знаний, допускавшему неточности в формулировке основных законов и базовых понятий, но при этом продемонстрировавшему способность выполнять основные задания при выполнении и сдаче лабораторной работы и владение основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения.

Оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, показавшему сильно фрагментарный характер знаний, допускавшему грубые ошибки в формулировке основных законов и базовых понятий, но при этом продемонстрировавшему способность при этом продемонстрировавшему способность выполнять основные задания при выполнении и сдаче лабораторной работы и владение основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения.

Оценка «неудовлетворительно (2)» или «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, который не знает значительную часть основного содержания программы, систематически допускает грубые ошибки при формулировании основных физических законов или не способен корректно применять физические законы даже для решения простых задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Дифференцированный зачет в каждом семестре проводится по итогам текущей успеваемости (результатам сдачи лабораторных работ).

### 3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Промежуточная аттестация по дисциплине «Общая физика: лабораторный практикум. Часть 2» осуществляется в форме дифференцированного зачёта.

Для получения зачёта студенту необходимо выполнить заданное количество лабораторных работ. Для выполнения каждой лабораторной работы студент должен подготовиться к выполнению работы, сдать подготовку преподавателю, выполнить экспериментальную часть работы, выполнить необходимые расчёты и оформить работу, сдать работу преподавателю. Для получения зачёта по каждой работе предусмотрены контрольные вопросы:

Работа 2.1.2.

1. Зависит ли  $\gamma$  от температуры в выбранном интервале температур?
2. Чему равны  $C_p$ ,  $C_v$  и  $\gamma$  для идеальных газов по теореме о равномерном распределении энергии по степеням свободы?
3. Почему при наполнении сосуда воздух в нём нагревается?
4. Сделайте оценку времени вытекания газа, используя формулу Пуазейля.

Работа 2.1.3.

1. Выведите формулы (1.16) и (1.17).
2. Зависит ли  $\gamma$  от температуры в выбранном интервале температур?
3. Будет ли наблюдаться такая зависимость при изменении температуры от очень малых значений до  $1000^\circ\text{C}$ ?

Работа 2.1.4.

1. Как определяются удельная и молярная теплоёмкости?
2. Чему равна атомная теплоёмкость металла по классической теории? Чему равна молярная теплоёмкость химического соединения?
3. Какие меры рекомендуется применять для уменьшения ошибок измерения, связанных с потерями?

Работа 2.1.5.

1. Какие условия нужно выполнить, чтобы процесс деформации был обратимым?
2. Покажите, что при малых  $\lambda$  и  $\Delta T$  формула (15) приводит к обычным выражениям для упругого растяжения и для теплового расширения.
3. Возможен ли случай, когда деформация резины не сопровождается тепловым эффектом?

Работа 2.1.6.

1. Чем отличаются реальные газы от идеальных?
2. Начертите кривые, выражающие характер зависимости сил взаимодействия и взаимной потенциальной энергии двух молекул от расстояния между ними, и, используя их, объясните причины эффекта Джоуля-Томсона.
3. Какая температура называется критической? Что такое температура инверсии?
4. Объясните качественно знак эффекта Джоуля-Томсона в случае  $a = 0$ ,  $b \neq 0$  и в случае  $a \neq 0$ ,  $b = 0$ .

Работа 2.2.1.

1. Покажите, что в условиях опыта концентрацию газов можно считать постоянной по всему объёму сосуда  $V1$  (и  $V2$ ).
2. Почему следует ожидать, что график зависимости  $D$  от  $1/P$  должен иметь вид прямой линии?

#### Работа 2.2.2.

1. Почему теплоотвод от нити падает при уменьшении давления от нескольких тор до десятых долей тора?
2. Зависит ли теплоотвод от давления в области более высоких давлений? (Обсудите в том числе механизмы, отличные от теплопроводности.)

#### Работа 2.2.3.

1. Как известно из кинетической теории газов, длина свободного пробега  $\lambda$  зависит от концентрации  $n$  следующим образом:  $\lambda = 1/\sigma n$ . Что вы можете сказать о зависимости  $\sigma$  от температуры на основании полученных в п. 6 результатах?
2. Почему приборы для измерения теплопроводности газов всегда устанавливают так, что цилиндрический столб газа делается тонким и длинным и располагается вертикально?
3. Оцените влияние теплоотдачи через концы проволоки.
4. Всевозможные термоэдс обычно имеют величину нескольких микровольт на градус. Оцените величину тока в нити, при котором термоэдс в цепи вольтметра будут заметно искажать результаты измерений.
5. Какова разность температур между нитью и кожухом при токе 150 мА? Сопоставьте теоретический расчёт со своими экспериментальными результатами.
6. При выводе формулы (1) пренебрегалось зависимостью теплопроводности от температуры, поэтому она справедлива только при  $\Delta T \ll T$ . Оцените связанную с этим погрешность в определении  $\chi$ , получив точную формулу в предположении, что зависимость теплопроводности от температуры имеет вид  $\chi \sim T^\beta$ .

#### Работа 2.2.4.

1. Дайте определение коэффициента теплопроводности и укажите его размерность.
2. Выведите формулу, аналогичную формуле (3), но учитывающую изменение площади потока тепла от  $S1$  до  $S2$ .
3. Выведите формулу (6), учитывающую разную чувствительность термопар.
4. Удаётся ли экспериментально на данной установке проверить, зависит ли коэффициент теплопроводности эталонного материала от температуры? Мешают ли этому тепловые потери через боковые поверхности?
5. Используя экспериментальные значения зависимости температуры от радиуса, постройте изотермы и нарисуйте линии потока тепла (хотя бы три изотермы и три линии потока тепла, но, чтобы они охватывали всю площадь сечения пакета пластин).

#### Работа 2.2.5.

1. Почему в первом упражнении рекомендовалось определять вязкость воды графическим методом? Не лучше ли определять искомую вязкость из опытов, полученных для разных высот трубки? Казалось бы, усредняя результаты этих опытов, можно не только найти близкие к истине значения вязкости, но и надёжно оценить погрешность опытов по разбросу полученных значений. Чем плох такой способ обработки?
2. Разность давлений, которую нужно приложить к жидкости, чтобы получить заданную

скорость её протекания через трубку при ламинарном течении, зависит от вязкости жидкости. Важно ли знать вязкость жидкости, если нужно рассчитать её расход при турбулентном течении? Какие характеристики жидкости нужно знать для такого расчёта?

#### Работа 2.2.6.

1. Из рассмотренной модели жидкости следует, что для перемещения молекулы в соседнюю «дырку» должны быть разорваны её связи с соседними молекулами. Разрыв связей происходит и при испарении жидкости. Поэтому можно ожидать, что энергия активации молекулы близка к энергии кипения жидкости, приходящейся на одну молекулу. Подтверждают ли этот вывод результаты проведённого эксперимента? Значение энергии испарения исследуемой жидкости возьмите из справочника.

2. При определении вязкости жидкости по методу Стокса рекомендуется использовать стальные шарики разных размеров. Шарики каких размеров — большие или маленькие — лучше использовать при проведении экспериментов?

#### Работа 2.2.7.

1. Покажите, что в условиях нашего опыта концентрацию газов можно считать постоянной по всему объёму сосуда.

2. В чем различие между молекулярным и вязкостным режимами диффузии?

#### Работа 2.3.1.

1. В каких условиях теплопроводность и вязкость газов не зависят от давления?

2. Почему термовакuumметр не меняет показаний при уменьшении давления ниже 10-4 торр?

3. Для чего в ионизационном манометре движению электронов придан колебательный характер?

4. Почему пропускная способность труб в молекулярном режиме не зависит от размеров молекул?

#### Работа 2.3.2.

1. Какой наилучший вакуум может быть получен в результате электрооткачки в манометрической лампе ЛМ-2, используемой в данной работе?

2. Улучшится или ухудшится вакуум, если процесс электрооткачки вести при дополнительном охлаждении коллектора лампы?

#### Работа 2.3.3.

1. Оцените влияние капиллярных явлений на результаты измерений.

2. При каких концентрациях раствора справедлива формула (1).

#### Работа 2.3.4.

1. Что называется поперечным сечением взаимодействия? Какое поперечное сечение называется упругим, а какое неупругим?

2. Как связаны между собой поперечное сечение и длина свободного пробега? Получите формулу (5).

3. Каким законом определяется зависимость упругости насыщенного пара жидкости от температуры?

4. Почему погружать прибор в жидкость надо полностью, т. е. со всеми его выступающими элементами?

#### Работа 2.3.6.

1. Как меняются давления, регистрируемые лампами 5 (P1) и 7 (P2) в зависимости от времени и от температуры баллона 1?
2. Какой ожидается зависимость отношения давлений P2/P1 от температуры баллона 1 при увеличении общего давления в баллоне от 10-3 торр до 1 торр?

#### Работа 2.4.1.

1. В справочниках приводится теплота испарения, измеренная при давлении 760 мм рт. ст. Совпадает ли эта величина с измеренной вами на опыте? Какая из них больше? Оцените разницу между ними.
2. Укажите, исходя из теоретических соображений, в какую сторону должна меняться теплота испарения с увеличением температуры.

#### Работа 2.5.1.

1. Если пропускать несколько пузырьков в секунду, манометр показывает практически постоянное давление. Почему бы не измерять его?
2. Почему следует измерять именно максимальное давление?
3. Почему погружение иглы уменьшает влияние теплового расширения?
4. Почему пузырьки не должны касаться дна?
5. Можно ли, не зная глубины погружения иглы, определить  $\sigma$ , измеряя максимальное и минимальное давление при проталкивании пузырька?
6. Пользуясь полученными результатами, оцените критическую температуру анилина.
7. Позволяет ли проведённый эксперимент заметить нелинейность зависимости  $\sigma(T)$ ?
8. Какие погрешности преобладают в эксперименте: случайные или систематические?
9. Какая величина должна стоять в формуле для высоты поднятия жидкости в капилляре:  $\sigma$  вода—воздух или  $\sigma$  вода—стекло?

#### Работа 2.5.2.

1. Почему в формулы (4) и (6) входит только коэффициент поверхностного натяжения воды (границы вода - воздух) и не входят коэффициенты поверхностного натяжения стенка - воздух и вода - стенка?
2. Почему загрязнения кольца А и внутренней поверхности кюветы С (рис. 1) могут повлиять на результаты измерений?
3. Почему при определении величины F вес кольца А в воздухе рекомендуется измерять не до, а после его отрыва от воды?
4. Выведите формулу (8).
5. Проанализируйте возможные причины погрешностей в каждом из экспериментов.

#### Работа 2.5.3.

1. С помощью теории размерностей найдите формулу для скорости волн, распространяющихся по поверхности жидкости, при больших значениях  $\lambda$ , когда можно пренебречь вкладом сил поверхностного натяжения.
2. Постройте график зависимости скорости гравитационно-капиллярных волн от длины волны. При какой длине волны скорость распространения оказывается минимальной?

#### 4. Критерии оценивания

По результатам подготовки работу выставляется от 0 до 10 баллов согласно уровню подготовки студента. По результатам сдачи выставляется от 0 до 10 баллов согласно уровню подготовленного отчёта и знаний студента. Из полученных баллов за каждую работу рассчитывается средний балл

Оценка	Баллы
отлично	10
	9
	8
хорошо	7
	6
	5
удовлетворительно	4
	3
неудовлетворительно	2
	1

Из полученных баллов за каждую работу рассчитывается средний балл, который определяет оценку за зачёт.

Оценка «**отлично (10)**» выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные глубокие знания учебной программы и за её пределами, а также умение уверенно применять их на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы.

Оценка «**отлично (9)**» выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные глубокие знания учебной программы и умение уверенно применять их на практике при решении нестандартных задач.

Оценка «**отлично (8)**» выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные глубокие знания учебной программы и умение уверенно применять их на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы, однако допустившему некоторые неточности при ответе.

Оценка «**хорошо (7)**» выставляется студенту, если он продемонстрировал твердое знание и уверенное понимание материала учебной программы и умение свободно применять физические законы на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы.

Оценка «**хорошо (6)**» выставляется студенту, если он продемонстрировал твердое знание материала учебной программы и умение применять физические законы на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы.

Оценка «**хорошо (5)**» выставляется студенту, если он продемонстрировал твердое знание и понимание материала учебной программы и умение применять физические законы на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы, однако допустил при ответе ряд грубых неточностей.

Оценка «**удовлетворительно (4)**» выставляется студенту, показавшему фрагментарный характер знаний, допускавшему неточности в формулировке основных законов и базовых понятий, но при этом продемонстрировавшему способность выполнять основные задания при выполнении и сдаче лабораторной работы и владение основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения.

Оценка **«удовлетворительно (3)»** выставляется студенту, показавшему сильно фрагментарный характер знаний, допускавшему грубые ошибки в формулировке основных законов и базовых понятий, но при этом продемонстрировавшему способность при этом продемонстрировавшему способность выполнять основные задания при выполнении и сдаче лабораторной работы и владение основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения.

Оценка **«неудовлетворительно (2)»** или **«неудовлетворительно (1)»** выставляется студенту, который не знает значительную часть основного содержания программы, систематически допускает грубые ошибки при формулировании основных физических законов или не способен корректно применять физические законы даже для решения простых задач.

#### **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Зачет в каждом семестре проводится по итогам текущей успеваемости (результатам сдачи лабораторных работ)