

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»

Факультет физико-математических и естественных наук

Институт физических исследований и технологий

Рекомендовано МССН

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

**Рекомендуется для направления подготовки/специальности
03.03.02 «Физика»**

**Квалификация (степень) выпускника
бакалавр**

1. Цели и задачи дисциплины:

Дисциплина «Физический практикум по молекулярной физике» изучается на первом курсе обучения в бакалавриате по направлению 03.03.02 – Физика. Его главной целью является создание фундаментальной базы знаний, на основе которой в дальнейшем можно развивать более углубленное и детализированное изучение молекулярной физики и термодинамики в рамках цикла курсов по теоретической физике и специализированных курсов.

Задачи дисциплины: сформировать у студентов единую, стройную, логически непротиворечивую физическую картину окружающего нас мира природы. Создание такой картины происходит поэтапно, путем обобщения экспериментальных данных и на их основе производится построение моделей наблюдаемых явлений, со строгим обоснованием приближений и рамок, в которых эти модели действуют.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина «Физический практикум по механике» относится к базовой части, блок Б1.О.01.09 (модуль «Общий физический практикум») учебного плана.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
1	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Механика, общий физический практикум	Дисциплины модулей «Общая физика», «Теоретическая физика», «Общий физический практикум»,
2	УК-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде		Учебная практика
3	ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	Механика, общий физический практикум	Дисциплины модулей «Общая физика», «Теоретическая физика», «Общий физический практикум»

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: основные явления и законы молекулярной физики, основные теоретические представления и модели, знать системы единиц.

Уметь: решать физические задачи, связанные с молекулярной физикой и термодинамикой, использовать при решении задач основные законы, теоретические представления и модели, а также применять полученные знания для анализа основных задач, типичных для

естественнонаучных дисциплин; использовать теоретические знания для объяснения результатов физических экспериментов.

Владеть: навыками проведения физических экспериментов с использованием законов молекулярной физики и термодинамики.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		3	4		
Аудиторные занятия (всего)	68	36	32		
В том числе:					
<i>Лекции</i>					
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>					
<i>Семинары (С)</i>					
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	68	36	32		
Самостоятельная работа (всего)	112	36	76		
Общая трудоемкость	час зач. ед.	180 5	72 2	108 3	

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
1.	Введение.	Техника безопасности.
2.	Гидродинамика.	Определение кинематической вязкости капиллярным методом.
3	Кинетическая теория идеальных газов.	Ознакомление со статистическими закономерностями на механической модели.
4	Первое начало термодинамики.	Определение молярной газовой постоянной методом откачки. Определение отношения удельных теплоемкостей газов методом адиабатического расширения. Определение скорости звука в газах и отношения удельных теплоемкостей методом стоячей волны.
5.	Второе начало термодинамики.	Исследование изменения энтропии в изолированной системе.
6.	Явления переноса в газах.	Определение коэффициента теплопроводности воздуха. Определение коэффициента внутреннего трения газа капиллярным вискозиметром.
7.	Свойства твердых тел.	Определение теплоемкости методом охлаждения.
8.	Поверхностное натяжение.	Определение поверхностного натяжения жидкости по методу максимального давления в пузырьке. Определение поверхностного натяжения жидкости по методу поднятия в капиллярной трубке.

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

	Раздел	Тема	Лаб.зан.	СРС	Всего час.
1		Введение. Техника безопасности.	2	2	4
2	Гидродинамика	Определение кинематической вязкости капиллярным методом	8	8	16

3	Кинетическая теория идеальных газов	Ознакомление со статистическими закономерностями на механической модели	4	8	12
4	Первое начало термодинамики	Определение молярной газовой постоянной методом откачки	5	8	13
5		Определение отношения удельных теплоемкостей газов методом адиабатического расширения	1	8	9
6		Определение скорости звука в газах и отношения удельных теплоемкостей методом стоячей волны	8	12	20
7	Второе начало термодинамики	Исследование изменения энтропии в изолированной системе	8	12	20
8	Явления переноса в газах	Определение коэффициента теплопроводности воздуха	4	8	12
9		Определение коэффициента внутреннего трения газа капиллярным вискозиметром	6	8	14
10	Свойства твердых тел	Определение теплоемкости методом охлаждения	8	8	16
11	Поверхностное натяжение	Определение поверхностного натяжения жидкости по методу максимального давления в пузырьке (*)	8	12	20
		Определение поверхностного натяжения жидкости по методу поднятия в капиллярной трубке			
12	Итоговая аттестация		4	18	22
	Итого		68	112	180

6. Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
1.	Определение кинематической вязкости капиллярным методом.	15
2.	Ознакомление со статистическими закономерностями на механической модели.	9
3.	Определение молярной газовой постоянной методом откачки.	10
4.	Определение отношения удельных теплоемкостей газов методом адиабатического расширения.	12
5.	Определение скорости звука в газах и отношения удельных теплоемкостей методом стоячей волны	15
6.	Исследование изменения энтропии в изолированной системе.	16
7.	Определение коэффициента теплопроводности воздуха.	8
8.	Определение коэффициента внутреннего трения газа капиллярным вискозиметром.	11
9.	Определение теплоемкости методом охлаждения.	13
10.	Определение поверхностного натяжения жидкости по методу поднятия в капиллярной трубке.	15

7. Практические занятия (семинары) не предусмотрены.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория «Молекулярная физика»:

№ 1	Определение коэффициента теплопроводности воздуха (ФПТ 1-3)
№ 2	Определение коэффициента теплопроводности твердых тел
№ 3	Определение теплоемкости методом охлаждения (ФПТ 1-8)
№ 4	Изучение коэффициента линейного расширения с помощью горизонтального оптиметра
№ 5	Определение вязкости жидкости по методу Стокса
№ 6	Определение кинематической вязкости капиллярным методом
№ 7	Определение вязкости жидкости с помощью крутильного маятника
№ 8	Определение коэффициента внутреннего трения газа капиллярным вискозиметром (ФПТ 1-1)
№ 9	Определение поверхностного натяжения жидкости по методу максимального давления в пузырьке
№ 10	Определение поверхностного натяжения жидкости по методу поднятия в капиллярной трубке
№ 11	Определение молярной газовой постоянной методом откачки (ФПТ 1-12)
№ 12	Определение отношение удельных теплоемкостей газов методом адиабатического расширения (ФПТ 1-6)
№ 13	Определение скорости звука в газах и отношения удельных теплоемкости методом стоячей волны
№ 14	Измерение молярной теплоты парообразования воды (ФПТ 1-10)
№ 15	Определение коэффициента диффузии паров воды и воздуха (ФПТ 1-4)
№ 16	Ознакомление со статистическими закономерностями на механической модели
№ 17	Исследование изменения энтропии в изолированной системе (ФПТ 1-11)

Аудитория для компьютерного тестирования.

9. Информационное обеспечение дисциплины

а) программное обеспечение:

- МЕНТОР

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

- телекоммуникационная учебно-информационная система (ТУИС)
- Учебный портал РУДН
- Научная электронная библиотека РУДН
- <http://www.edu.ru/> – федеральный образовательный портал.
- <http://genphys.phys.msu.ru/rus/demo/> - кабинет физических демонстраций МГУ.
- <http://genphys.phys.msu.ru/rus/ofp/>
- <http://www.alpud.ru/> - автоматизированные лабораторные практикумы удаленного доступа.
- <http://prac-gw.sinp.msu.ru/atom.htm> - атомный и ядерный практикум МГУ.

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. С.П. Степина, Н.Б. Бутко. Лабораторный практикум по курсу «Общая физика. Молекулярная физика и термодинамика». М.: РУДН, 2011.
2. Н.Б. Бутко, С.П. Степина, Д.В. Чупров. Молекулярная физика. Термодинамика. Методические рекомендации и задания для самостоятельной работы по физике. М.: РУДН, 2015.

б) дополнительная литература:

1. И.В. Савельев. Курс общей физики. Т. 1. Механика. М.; КНОРУС, 2012.
2. И.В. Савельев. Курс общей физики. Т. 2. Молекулярная физика. М.; КНОРУС, 2012.
3. Т.Н. Трофимова. Курс физики. М.: Академия, 2007.

4. Н.Б. Бутко, Л.В. Коновальцева, С.П. Степина. Задания для подготовки к тестированию по курсу «Общая физика». М.:РУДН, 2010.
5. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. Т.1. Механика. М.: Физматлит, 2010.
6. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. Т.2. Термодинамика и молекулярная физика. М.: Физматлит, 2010.
7. А.К. Кикоин, И.К. Кикоин. Молекулярная физика. М.: Лань, 2007.
8. А.Н. Матвеев. Молекулярная физика. М.: Оникс, 2006.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Необходимо обеспечить себя рекомендованными учебными материалами. В начале лабораторного практикума приведены указания по выполнению и оформлению отчета по лабораторной работе. Подготовка к работе, расчетно-графические работы проводятся в часы, отведенные для самостоятельной работы. При подготовке нужно использовать лабораторный практикум с описанием работ и учебник по физике, а также лекционный материал. Для более глубокого понимания темы рекомендовано решение этих задач.

Для подготовки к выполнению лабораторных работ и их защите нужно использовать методические рекомендации и задания для самостоятельной работы по физике. В процессе самостоятельной работы студенты получают следующие компетенции: ОК-6 (использование основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности); ОК-7 (применение навыков работы с компьютерами в области познавательной и профессиональной деятельности); ОК-8, 9 – (соблюдение основных требований информационной безопасности; Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения и переработки информации, умение работать с компьютером как средством управления информацией).

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Шкала оценок

Соответствие систем оценок (согласно Приказу Ректора № 996 от 27.12.2006 г.)

Баллы БРС	Традиционные оценки в РФ	Баллы для перевода оценок	Оценки	Оценки
86-100	5	95-100	5+	A
		86-94	5	B
69-85	4	69-85	4	C
51-68	3	61-68	3+	D
		51-60	3	E
0-50	2	31-50	2+	FX
		0-30	2	F
51-60	Зачет		Зачет	Passed

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине Физический практикум по молекулярной физике

Направление/Специальность: 03.03.02Физика

Код контролируемой компетенции или ее части	Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	Наименование оценочного средства										Баллы темы	Баллы раздела	
			Текущий контроль									Промежуточная аттестация			
			Опрос	Тест	Коллоквиум	Контрольная работа	Выполнение ЛР	Выполнение КР/КП	Выполнение ДЗ	Реферат	Выполнение РГР	Защита ЛР			Экзамен/Зачет
УК-1, УК-3, ОПК-2	Раздел 1: Гидродинамика	Тема 1: Определение кинематической вязкости капиллярным методом	1				1		1		1	3	30	7	7
УК-1, УК-3, ОПК-2	Раздел 2: Кинетическая теория идеальных газов	Тема 1: Ознакомление со статистическими закономерностями на механической модели	1				1		1		1	3		7	7
УК-1, УК-3, ОПК-2	Раздел 3: Первое начало термодинамики	Тема 1: Определение относительных удельных теплоемкостей газов методом адиабатического расширения	1				1		1		1	3		7	21
		Тема 2: Определение молярной газовой постоянной методом откачки	1				1		1		1	3		7	
		Тема 2: Определение	1				1		1		1	3	7		

		скорости звука в газах методом стоячей волны													
УК-1, УК-3, ОПК-2	Раздел 4: Второе начало термодинамики	Тема 1: Исследование изменения энтропии в изолированной системе	1				1		1		1	3		7	7
УК-1, УК-3, ОПК-2	Раздел 5: Явления переноса в газах	Тема 1: Определение коэффициента теплопроводности воздуха	1				1		1		1	3		7	14
		Тема 2: Определение коэффициента внутреннего трения газа капиллярным вискозиметром	1				1		1		1	3		7	
УК-1, УК-3, ОПК-2	Раздел 6: Свойства жидкостей и твердых тел	Тема 1: Определение теплоемкости методом охлаждения	1				1		1		1	3		7	14
		Тема 2: Определение поверхностного натяжения жидкости по методу максимального давления в пузырьке	1				1		1		1	3		7	
		ИТОГО:	10				10		10		19	30	30	70	100

Примерные тестовые задания для текущего контроля.

1. Если не учитывать колебательные движения в линейной молекуле углекислого газа CO_2 (см. рис.), то отношение кинетической энергии вращательного движения к полной кинетической энергии молекулы равно...

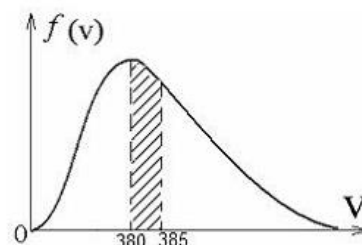


1. $3/6$ 2. $2/5$ 3. $3/5$ 4. $2/13$

2. На рисунке представлен график функции распределения молекул кислорода по скоростям (распределение Максвелла) для температуры $T=273$ К, при скорости 380 м/с функция достигает максимума. Здесь $f(v) = \frac{dP}{dv} = \frac{dN}{N dv}$ – плотность вероятности или доля молекул, скорости которых заключены в интервале скоростей от v до $v+dv$ в расчете на единицу этого интервала. Для распределения Максвелла справедливы утверждения, что ...

(Укажите не менее двух вариантов ответа)

- площадь заштрихованной полоски равна доле молекул со скоростями в интервале от 380 м/с до 385 м/с или вероятности того, что скорость молекулы имеет значение в этом интервале скоростей
- отлична от нуля вероятность того, что молекула кислорода при $T=273$ К имеет скорость, точно равную 380 м/с
- с понижением температуры площадь под кривой уменьшается
- с ростом температуры наиболее вероятная скорость молекул увеличивается



3. Средняя кинетическая энергия молекул газа при температуре T зависит от их конфигурации и структуры, что связано с возможностью различных видов движения атомов в молекуле и самой молекулы. При условии, что имеет место только поступательное и вращательное движение молекулы как целого, средняя кинетическая энергия молекул азота (N_2) равна...

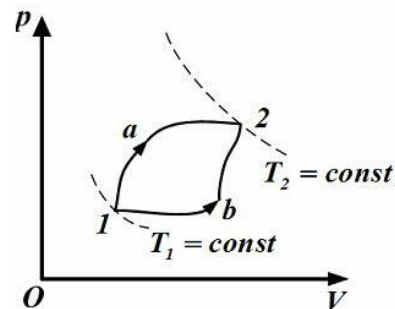
1. $7kT/2$ 2. $3kT/2$ 3. $kT/2$ 4. $5kT/2$

4. КПД цикла Карно равен 40% . Если на 20% увеличить температуру нагревателя и на 20% уменьшить температуру охладителя, КПД (в %) достигнет значения....

1. 60 2. 40 3. 20 4. 80

5. Идеальный газ переводится из первого состояния во второе двумя способами ($1a2$ и $1b2$), как показано на рисунке. Теплота, полученная газом, изменение внутренней энергии и работа газа при переходе его из одного состояния в другое связаны соотношениями....

- $Q_{1a2} = Q_{1b2}$, $\Delta U_{1a2} = \Delta U_{1b2}$, $A_{1a2} > A_{1b2}$
- $Q_{1a2} > Q_{1b2}$, $\Delta U_{1a2} = \Delta U_{1b2}$, $A_{1a2} > A_{1b2}$
- $Q_{1a2} = Q_{1b2}$, $\Delta U_{1a2} = \Delta U_{1b2}$, $A_{1a2} = A_{1b2}$
- $Q_{1a2} > Q_{1b2}$, $\Delta U_{1a2} > \Delta U_{1b2}$, $A_{1a2} > A_{1b2}$



Тренинговые задания

1. Получить основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.
2. Вычислить теплоемкость C_V для смеси 2-х молей кислорода и 3-х молей аргона.
3. Определить отношение теплоемкостей C_p и C_V для метана CH_4 .
4. Какую работу совершает газ при постоянном давлении, если его температуру поднять на 1° ? Теплоемкости газа известны.
5. Получить уравнение Пуассона для адиабатического процесса в идеальном газе.
6. Вывести выражение для показателя политропы.
7. Получить распределение Максвелла по модулю скорости из распределения Максвелла по проекциям скорости.
8. Получить выражение для наиболее вероятной скорости молекул идеального газа.
9. Каков физический смысл постоянной Больцмана?
10. Найти скорость распространения звука в двухатомном газе, зная среднюю квадратичную скорость его молекул (461 м/с).
11. Вывести выражение для коэффициента диффузии идеального газа.
12. Найти среднюю длину свободного пробега молекул воздуха при нормальных условиях. Диаметр молекул воздуха считать равными 0,3 нм.
13. Как изменится внутренняя энергия вещества при его переходе из газообразного состояния в жидкое при постоянной температуре?
14. Баллон содержит газ при 27°C и давление 200 кПа. Каково будет давление, если из баллона выпустить 80% газа и охладить его до 12°C ?
15. Мыльный пузырь имеет радиус 2 см. Какова разница между давлением воздуха внутри пузыря и снаружи? Коэффициент поверхностного натяжения мыльного раствора считать равным 0,07 Н/м.
16. Получить формулу Лапласа для сферической поверхности жидкости.
17. Относительная влажность воздуха равна 63%, температура 291 К. На сколько должен остыть воздух, чтобы выпала роса?
18. Нормальное атмосферное давление равно 10^5 Па. Во сколько раз увеличивается давление под водой на глубине 30 м? Плотность воды 10^3 кг/м³.

Перечень вопросов итоговой аттестации по дисциплине

Вопросы итоговой аттестации по курсу приведены в Учебном портале РУДН в кабинетах доцентов Н.Б. Бутко, С.П. Степиной.

1. Законы гидростатики. Основное уравнение гидростатики.
2. Стационарное течение жидкостей. Теорема о неразрывности струи.
3. Уравнение Бернулли.
4. Понятие вязкости. Течение вязкой жидкости в цилиндрической трубе. Формула Пуазейля.
5. Ламинарное и турбулентное течения. Число Рейнольдса
6. Какой газ можно считать идеальным? Две формы записи уравнения состояния идеального газа.
7. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Связь абсолютной температуры со средней энергией молекул.
8. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы молекул газа.
9. Дайте определение количества тепла и внутренней энергии. Работа. Первое начало термодинамики.
10. Применение первого начала термодинамики к тепловым процессам в идеальном газе.
11. Теплоемкость, удельная и молярная теплоемкость, теплоемкость вещества при постоянном давлении, при постоянном объеме. Формула Майера
12. Адиабатический и политропический процессы. Объясните, почему звуковую волну в идеальном газе можно считать адиабатическим процессом.
13. Формула Больцмана для распределения молекул по координатам в потенциальном поле.

14. Что такое функция распределения по проекции скорости? Ее связь с вероятностью. Теоремы сложения и умножения вероятностей. Распределение Максвелла по проекции скорости (без вывода). Условие нормировки.
15. Длина свободного пробега молекул и эффективное сечение столкновений.
16. Явления переноса. Законы диффузии, теплопроводности и вязкого трения.
17. Связь коэффициентов переноса с длиной свободного пробега и средней скоростью молекул.
18. Обратимые и необратимые процессы, круговой процесс. КПД для кругового процесса. Цикл Карно.
18. Второе начало термодинамики. Энтропия.
19. Третье начало термодинамики.
20. Силы взаимодействия между молекулами. Реальные газы. Изотермы Ван-дер-Ваальса.
21. Критическое состояние вещества.
22. Поверхностное натяжение жидкостей.
23. Формула Лапласа. Капиллярные явления.
24. Дефекты в кристаллах и их влияние на механические свойства.
25. Теплоемкость твердого тела.
26. Тепловое расширение твердых тел.
27. Диаграмма состояния вещества. Тройная точка.
28. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
29. Фазовые переходы первого и второго рода.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Руководитель направления 03.03.02

Директор института физических исследований и технологий, д.ф.-м.н., профессор



О.Т. Лоза