

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физико-технический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Хагуров Т.А.

Подпись

« 5 »

2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.О.13.02 Молекулярная физика**

*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки/специальность 03.03.02 Физика  
*(код и наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность (профиль) / специализация Фундаментальная физика  
*(наименование направленности (профиля) / специализации)*

Форма обучения очная  
*(очная, очно-заочная, заочная)*

Квалификация бакалавр

Краснодар 2023

Рабочая программа дисциплины Б1.О.13.02 МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА  
составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным  
стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки /  
специальности 03.03.02 Физика профиль «Фундаментальная физика»  
код и наименование направления подготовки

Программу составил(и):  
В.В. Галуцкий, доцент, к.ф.-м.н.,  
доцент



подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.О.13.02 Молекулярная физика  
утверждена на заседании кафедры  
протокол № « » 2023 г.  
заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-  
технического факультета  
протокол № « » 2023 г.  
Председатель УМК факультета,  
д.ф.-м.н., профессор Богатов Н.М. \_\_\_\_\_

Рецензенты:  
Бабенко И.Д., ведущий специалист ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ»  
Понетаева И.Г., старший инженер ПАО МТС

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

### 1.1 Цель освоения дисциплины

Учебная дисциплина «Молекулярная физика» ставит своей целью сформировать у студентов базовые теоретические знания об основных явлениях, понятиях, моделях, законах и методах молекулярной физики, а также дать навыки решения задач.

### 1.2 Задачи дисциплины

- изучение теоретических основ, понятий, законов и методов исследований молекулярной физики;
- ознакомление с границами применимости физических моделей и теорий, используемых для описания свойств веществ на молекулярном уровне;
- овладение навыками и методами решения задач по основным разделам молекулярной физики;
- приобретение умения использовать законы физики для решения естественнонаучных и технических задач.

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Б1.О.13.02 Молекулярная физика» относится к обязательной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана направления подготовки 03.03.02 Физика направленности "Фундаментальная физика".

Для успешного усвоения дисциплины «Б1.О.13.02 Молекулярная физика» студенты должны обладать базовыми знаниями и умениями по предшествующим дисциплинам «Математический анализ», «Механика», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра».

«Молекулярная физика» служит основой для понимания специальных дисциплин, изучаемых по направлению 03.03.02 Физика как в бакалавриате, так и далее в магистратуре и в аспирантуре. Студент, освоивший данный курс, подготовлен к деятельности, требующей углубленной фундаментальной и профессиональной подготовки, в том числе к научно –исследовательской, а при сочетании освоения дополнительной образовательной программы педагогического профиля – к педагогической деятельности.

Вид промежуточной аттестации: экзамен.

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине ( <i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i> )
<b>ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности</b>	
ИОПК-1.1. Понимает теоретические и методологические основания избранной области физико-математических и (или) естественных наук	Знает теоретические основы, понятия, законы и методы исследований молекулярной физики; границы применимости физических моделей и теорий, используемых для описания свойств веществ на молекулярном уровне Умеет применять законы физики для решения естественнонаучных и технических задач. Владеет навыками и методами решения задач по основным разделам молекулярной физики
ИОПК-1.2. Понимает актуальные проблемы и тенденции развития соответствующей научной области и области профессиональной деятельности -	Знает актуальные проблемы молекулярной физики, физику возникновения случайных процессов и их математические модели Умеет применять физические модели и теории, используемые для описания свойств веществ на молекулярном уровне

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине ( <i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i> )
	Владеет методами решения естественнонаучных и технических задач со случайными и усредненными физическими величинами

*\*Вид индекса индикатора соответствует учебному плану.*

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы (180 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения			
		очная		очно-заочная	заочная
		2 семестр (часы)	X семестр (часы)	X семестр (часы)	X курс (часы)
<b>Контактная работа, в том числе:</b>	<b>100,3</b>	<b>100,3</b>			
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>					
занятия лекционного типа	32	32			
лабораторные занятия					
практические занятия	64	64			
семинарские занятия					
<b>Иная контактная работа:</b>					
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3			
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>44</b>	<b>44</b>			
Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)					
Контрольная работа					
Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)					
Реферат/эссе (подготовка)					
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	44	44			
Подготовка к текущему контролю					
<b>Контроль:</b>					
Подготовка к экзамену	35,7	35,7			
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>180</b>	<b>180</b>		
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>100,3</b>	<b>100,3</b>		
	<b>зач.ед.</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		

### 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.  
Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 2 семестре

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СРС
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Идеальный газ	38	8	20		10
2.	Явления переноса в газах	30	6	12		12
3.	Термодинамика	38	10	18		10
4.	Реальные газы, жидкости и твердые тела	34	8	14		12
	<b>ИТОГО по разделам дисциплины</b>	<b>140</b>	<b>32</b>	<b>64</b>		<b>44</b>
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3				
	Подготовка к текущему контролю	35,7				
	Общая трудоемкость по дисциплине	180				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

**Курсовой проект:** не предусмотрен

**Форма проведения аттестации по дисциплине:** экзамен

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Идеальный газ	Молекулярно-кинетическая теория. Моль. Молярная масса. Число Авогадро. Изопроцессы. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Закон Дальтона. Молярная масса смеси  Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.  Барометрическая формула. Распределение Больцмана.  Распределение молекул газа по скоростям (распределение Максвелла).	Опрос, тестирование, проверка домашнего задания
2.	Явления переноса в газах	Эффективный диаметр и сечение молекулы. Средняя длина свободного пробега и число столкновений. Вакуум.  Диффузия в газах. Закон Фика. Внутреннее трение. Формула Ньютона  Теплопроводность. Закон Фурье.	Опрос, тестирование, проверка домашнего задания
3.	Термодинамика	Работа газа. Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам.  Теплоемкость идеального газа. Уравнение Майера.  Адиабатический процесс. Политропический процесс  Энтропия. Второй закон термодинамики. Третий закон термодинамики. Расчет изменения энтропии в процессах идеального газа, при нагревании и плавлении  Тепловая машина. Цикл Карно. Теоремы Карно. Холодильная машина.	Опрос, тестирование, проверка домашнего задания

4.	Реальные газы, жидкости и твердые тела	<p>Реальные газы. Критическое состояние. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля – Томсона. Энтальпия.</p> <p>Жидкости. Свободная энергия. Поверхностное натяжение. Условия равновесия на границе двух жидкостей и на границе жидкость – твердое тело. Смачивание, несмачивание.</p> <p>Давление под искривленной поверхностью жидкости. Формула Лапласа. Капиллярные явления.</p> <p>Кристаллические твердые тела и их теплоемкость. Фазовые переходы первого и второго рода. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Диаграмма состояний.</p>	<p><i>Опрос, тестирование, проверка домашнего задания</i></p>
----	--	--	---

### 2.3.2 Занятия семинарского типа (практические занятия)

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1.	Идеальный газ	<p>Молекулярно-кинетическая теория. Моль. Молярная масса. Число Авогадро.</p> <p>Изопроцессы.</p> <p>Уравнение Менделеева-Клапейрона.</p> <p>Закон Дальтона. Молярная масса смеси.</p> <p>Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.</p> <p>Внутренняя энергия идеального газа.</p> <p>Средняя квадратичная скорость.</p> <p>Барометрическая формула.</p> <p>Распределение Больцмана.</p> <p>Распределение молекул газа по скоростям (распределение Максвелла).</p>	<i>Решение задач</i>
2.	Явления переноса в газах	<p>Эффективный диаметр и сечение молекулы.</p> <p>Средняя длина свободного пробега и число столкновений.</p> <p>Вакуум.</p> <p>Диффузия в газах. Закон Фика.</p> <p>Внутреннее трение. Формула Ньютона.</p> <p>Теплопроводность. Закон Фурье</p>	<i>Решение задач</i>
3.	Термодинамика	<p>Работа газа. Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам.</p> <p>Теплоемкость идеального газа.</p> <p>Уравнение Майера.</p> <p>Адиабатический процесс.</p> <p>Политропический процесс.</p> <p>Энтропия. Второй закон термодинамики. Третий закон термодинамики.</p> <p>Расчет изменения энтропии в процессах идеального газа (при постоянных <math>P</math>, <math>V</math>, <math>T</math>, <math>Q</math>), при нагревании и плавлении.</p> <p>Цикл Карно. Теоремы Карно. Холодильная машина.</p> <p>Расчеты КПД различных циклов.</p>	<i>Решение задач</i>
4.	Реальные газы, жидкости и твердые тела	<p>Реальные газы. Критическое состояние. Уравнение Ван-дер-Ваальса.</p> <p>Жидкости. Поверхностное натяжение.</p> <p>Поверхностно-активные вещества.</p> <p>Условия равновесия на границе двух жидкостей и на границе жидкость – твердое тело.</p> <p>Давление под искривленной поверхностью жидкости.</p> <p>Формула Лапласа.</p> <p>Капилляры.</p> <p>Твердые тела. Дефекты в кристаллах.</p> <p>Теплоемкость твердых тел.</p>	<i>Решение задач</i>

	Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы первого и второго рода. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Диаграмма состояний.	
--	--	--

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

### 2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

не предусмотрены

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	Методические указания по организации аудиторной и самостоятельной работ, утвержденные кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от «14» марта 2017г
2	Подготовка к текущему контролю	Методические рекомендации для подготовки к практическим, семинарским и лабораторным занятиям, утвержденные кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от «14» марта 2017г

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, проблемное обучение, модульная технология, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, анализа педагогических задач, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### 4.Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Б1.О.13.02 Молекулярная физика».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме отчетов по лабораторным работам и **промежуточной аттестации** в форме вопросов к экзамену.

#### Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИОПК-1.1. Понимает теоретические и методологические основания избранной области физико-математических и (или) естественных наук	Знает теоретические основы, понятия, законы и методы исследований молекулярной физики; границы применимости физических моделей и теорий, используемых для описания свойств веществ на молекулярном уровне Умеет применять законы физики для решения естественнонаучных и технических задач. Владеет навыками и методами решения задач по основным разделам молекулярной физики	Контрольная работа – по теме, разделу Опрос	Вопрос на экзамене 1-11
2		Знает актуальные проблемы молекулярной физики, физику возникновения	Контрольная работа – по теме, разделу Опрос	Вопрос на экзамене 12-22



	случайных процессов и их математические модели Умеет применять физические модели и теории, используемые для описания свойств веществ на молекулярном уровне Владет методами решения естественнонаучных и технических задач со случайными и усредненными физическими величинами		
--	--	--	--

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**  
**Примерный перечень вопросов и заданий**

Контрольные вопросы для устного опроса по разделам учебной программы

Раздел 1. Идеальный газ.

1. Какие физические модели использует молекулярная физика?
  2. Охарактеризуйте методы описания физических систем в молекулярной физике.
  3. Опишите простейшую модель вещества – идеальный газ.
  4. Чем отличаются кристаллические тела от аморфных?
  5. Каков физический смысл постоянной Авогадро?
  6. В чём заключается молекулярно-кинетическое толкование давления газа?
  7. Запишите все формулы для газовых законов.
  8. Почему колебательная степень свободы обладает вдвое большей энергией, чем поступательная и вращательная?
  9. Какие упрощения делались при выводе барометрической формулы?
  10. Как можно приблизительно оценить высоту атмосферы?
  11. Объясните физический смысл распределения Больцмана. Как связано это распределение и барометрическая формула?
  12. Каков физический смысл функции распределения молекул по скоростям?
- Раздел 2. Явления переноса в газах.
13. Что такое вакуум в техническом смысле?
  14. Приведите примеры использования вакуума в технических устройствах.
  15. В чём сущность явлений переноса? Каковы они и при каких условиях возникают?
  16. Почему диффузия жидкостей происходит значительно медленнее, чем диффузия газов?
  17. Что называют коэффициентом диффузии (вязкости, теплопроводности)? От каких параметров он зависит для газов?
  18. Почему во всех формулах для явлений переноса стоит знак «минус»?
  19. Как вязкость газов зависит от температуры?
- Раздел 3. Термодинамика.
20. Разъясните понятие стационарного состояния. Что называют закрытой и открытой системами?
  21. Что такое внутренняя энергия идеального газа, и при каких условиях она может измениться?

22. Дайте определение теплоёмкости тела и удельной (молярной) теплоёмкости вещества.
23. Почему теплоёмкость  $C_p$  больше теплоёмкости  $C_v$ ?
24. Что происходит с температурой газа, если он расширяется при постоянном давлении?
25. Что происходит с температурой газа, если он расширяется адиабатически?
26. В дизельном двигателе воздух подвергается очень сильному и быстрому сжатию. Для чего это делается?
27. Когда совершается бóльшая работа: при изотермическом или адиабатическом расширении газа от объёма  $V_1$  до объёма  $V_2$ ?
28. Почему все реальные процессы необратимы?
29. Что такое энтропия? Какая связь энтропии со вторым и третьим законами термодинамики? Укажите связь энтропии с термодинамической вероятностью.
30. Может ли энтропия убывать: а) в замкнутой системе; б) в незамкнутой системе?
31. Объясните работу тепловой машины, используя диаграмму циклического процесса. Зачем тепловой машине нужен «холодильник»?
32. Почему двигатели внутреннего сгорания имеют более высокий КПД, чем паровые машины?
33. Как изменится КПД цикла Карно, если температуры нагревателя и холодильника одновременно увеличить (уменьшить) на одинаковую величину  $\Delta T$ ?
34. На графике цикла Карно покажите участки, на котором газ сам совершает работу, и участки, где над газом совершается работа.
35. Какие конструкции «вечных двигателей» «созданы» по законам молекулярной физики?

#### Раздел 4. Реальные газы, жидкости и твердые тела.

36. Объясните с точки зрения МКТ: а) возможность сжатия тела под давлением; б) невозможность бесконечного сжатия тел; в) расширение тела при нагревании; г) растворение соли в воде; д) текучесть жидкости и сохранение формы твёрдыми телами.
37. Чем отличаются реальные газы от идеальных?
38. Из каких предпосылок выводится уравнение Ван-дер-Ваальса?
39. Объясните различие экспериментальных изотерм и изотерм, соответствующих уравнению Ван-дер-Ваальса.
40. Что происходит с насыщенным паром: а) при уменьшении его объёма; б) при увеличении его объёма; в) при понижении температуры; г) при повышении температуры?
41. В каких технических устройствах используются метастабильные состояния?
42. Можно ли, сжимая водяной пар при температуре  $150^\circ\text{C}$ , превратить его в воду? Дайте пояснения.
43. Какова сущность эффекта Джоуля – Томсона? Когда он положителен? Отрицателен?
44. Как можно использовать эффект Джоуля – Томсона для сжижения газов?
45. Как опытным путём определить коэффициент поверхностного натяжения жидкости?
46. Какую жидкость можно налить в стакан выше его краёв?
47. Что произошло бы с жидкостью, налитой в сосуд, находящейся на искусственном спутнике Земли?
48. Почему у всех веществ поверхностное натяжение уменьшается с увеличением температуры?
49. Жидкие лекарства часто отмеряют каплями. Является ли это достаточно точной мерой?
50. Что представляют собой поверхностно-активные вещества и где они используются?

51. От чего зависит высота поднятия смачивающей жидкости в капилляре?
52. Укажите примеры капиллярных явлений.
53. Чем отличаются кристаллические тела от аморфных?
54. В чём заключается анизотропия кристаллов?
55. Все металлы имеют кристаллическую структуру, однако свойство анизотропии в механических, тепловых и электрических явлениях у металлов на практике проявляется очень редко. Почему?
56. Как можно классифицировать кристаллы?
57. Какая зависимость существует между коэффициентами линейного и объёмного расширения? Как её доказать?
58. Что такое «биметалл» и где он применяется?
59. Как получить закон Дюлонга и Пти, используя классическую теорию теплоёмкости?
60. Вещество в одном сосуде находится в жидком и твёрдом состоянии. Почему при нагревании этой смеси её температура не поднимается?
61. Чем отличается фазовый переход первого рода от фазового перехода второго рода?
62. Приведите примеры фазовых переходов первого и второго рода.
63. Почему за самолётом, летящим на большой высоте, возникает облачный след?
64. Почему во время снегопада температура воздуха обычно повышается?
65. О каких физических характеристиках вещества можно узнать из фазовой диаграммы состояния?

### **Контрольные работы по разделам учебной дисциплины**

#### **Контрольная работа 1. Идеальный газ.**

1. Оцените, сколько молекул вы вдыхаете, если при одном вдохе получаете 1 л воздуха.
2. Молекулы газа распределены по объёму в среднем равномерно. Известна концентрация молекул  $n$ . Оценить среднее расстояние  $\langle r \rangle$  между молекулами.
3. В сосуде объёмом 1 м<sup>3</sup> при температуре 27 °С находится смесь двух идеальных газов:  $10^{24}$  молекул кислорода и 2 моля водорода. Найти давление смеси газов.
4. Полагая температуру воздуха, молярную массу и ускорение свободного падения не зависящими от высоты, определить, на какой высоте над уровнем моря плотность воздуха меньше своего значения на уровне моря в 2 раза. Температуру воздуха принять равной 0 °С.
5. Какая средняя энергия  $\langle E \rangle$  приходится в состоянии термодинамического равновесия при температуре  $T$ , – в соответствии с классическим законом равнораспределения, – на одну: а) поступательную степень свободы; б) вращательную степень свободы; в) колебательную степень свободы?

#### **Контрольная работа 2. Явления переноса в газах.**

1. Найти коэффициент диффузии водорода при нормальных условиях, если средняя длина свободного пробега молекул при этих условиях равна 0,16 мкм.
2. Определить среднюю длину свободного пробега молекул азота при температуре 27 °С и давлении 300 Па. Диаметр молекулы азота принять равным 0,3 нм.
3. Какое предельное число молекул газа должно находиться в 1 см<sup>3</sup> сферического сосуда, диаметр которого равен 50 см, чтобы молекулы не сталкивались друг с другом? Диаметр молекулы газа принять равным 0,3 нм.
4. Через цилиндрический металлический стержень при разности температур у его концов  $\Delta T$  за 1 с осуществляется передача количества теплоты 8 Дж. Какое количество теплоты будет передано за 1 с через стержень из такого же материала и длины, но при разности температур  $2 \cdot \Delta T$  и вдвое большем радиусе стержня?

5. Идеальный газ совершил изохорический процесс, в результате которого его давление возросло в  $n$  раз. Как и во сколько раз изменилось среднее число столкновений каждой молекулы в единицу времени?

Контрольная работа 3. Термодинамика.

1. Температура 1 моля идеального газа с известным показателем адиабаты  $\gamma$  повышается на  $\Delta T$  при изобарическом, изохорическом и адиабатическом процессах. Определить приращение внутренней энергии  $\Delta U$  газа для всех трех случаев.

2. Написать уравнение состояния для 1 моля идеального газа в переменных  $p, V$  и  $T$ , если известны его молярные теплоемкости  $C_P$  и  $C_V$ .

3. Найти удельную теплоемкость кислорода при  $V = \text{const}$ .

4. Сравнить количества теплоты, полученные газом при изохорическом ( $Q_V$ ) и изобарическом ( $Q_P$ ) повышении его температуры на одну и ту же величину. Ответ обосновать.

5. Выразить молярную изобарическую теплоемкость  $C_P$  через известный показатель адиабаты  $\gamma$ .

Контрольная работа 4. Реальные газы, жидкости и твердые тела.

1. Оцените, какую примерно толщину имел бы слой жидкого воздуха на земной поверхности при охлаждении Земли и конденсации всего воздуха?

2. При подъеме из воды проволочной рамки образуется пленка шириной 5 см. Определите минимальное значение силы, приложенной к рамке, при которой может произойти разрыв водяной пленки. Коэффициент поверхностного натяжения воды равен  $0,07$  Н/м.

3. Как можно перевести насыщенный пар в ненасыщенный?

4. Во сколько раз  $n$  ( $n = V_2/V_1$ ) следует увеличить изотермически объем  $\nu$  молей идеального газа, чтобы его энтропия испытала приращение  $\Delta S$ ?

5. Слой льда толщиной 4,2 см имеет температуру  $0^\circ\text{C}$ . Найти минимальную толщину слоя воды, которую нужно налить на лед, чтобы весь лед растаял. Начальная температура воды  $33^\circ\text{C}$ . Потерями теплоты пренебречь.

### Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Законы идеального газа. Вывод уравнения Менделеева-Клапейрона. Закон Авогадро. Изопроцессы (формулы и графики). Вывод закона Дальтона. Молярная масса смеси.
2. Давление газа. Вывод основного уравнения молекулярно-кинетической теории идеального газа. Формулы внутренней энергии идеального газа и средней квадратичной скорости. Распределение энергии по степеням свободы.
3. Вывод барометрической формулы. Вывод распределения Больцмана. Опыт Перрена по определению числа Авогадро.
4. Распределение молекул газа по скоростям (распределение Максвелла). Физический смысл функции распределения. Условие нормировки. Наиболее вероятная скорость и значение функции распределения при этой скорости. Функция распределения для относительной скорости. Условия существования атмосферы планет.
5. Эффективные диаметр и сечение молекулы. Вывод формул для средней длины свободного пробега и числа столкновений и оценка порядка этих величин. Вакуум.
6. Явления переноса. Диффузия в газах. Закон Фика. Расчет коэффициента самодиффузии.
7. Внутреннее трение. Формула Ньютона. Кинематическая и динамическая вязкости. Теплопроводность. Закон Фурье. Связь между коэффициентами переноса.

8. Внутренняя энергия как функция состояния. Первый закон термодинамики и его различные формулировки. Вывод формулы для работы газа. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам.
9. Классическая теория теплоёмкости идеального газа. Молярная и удельная теплоёмкости и связь между ними. Теплоёмкости при постоянном давлении и объеме. Вывод уравнения Майера и показателя адиабаты. Физический смысл газовой постоянной  $R$ .
10. Адиабатический процесс. Вывод трех формул для адиабаты. Сравнение адиабатического и изотермического процессов. Вывод формул для работы газа при адиабатическом процессе.
11. Политропический процесс. Частные случаи. Вывод формулы политропы. Вывод частных формул из уравнения политропы.
12. Обратимые и необратимые процессы. Понятие энтропии термодинамической системы. Свойства энтропии. Второй закон термодинамики. Формула Больцмана. Порядок и беспорядок в природе. Третий закон термодинамики. Расчет количества теплоты через энтропию.
13. Расчет изменения энтропии в процессах идеального газа (при постоянных  $P, V, T, Q$ ), при нагревании и плавлении.
14. Циклические процессы. Тепловая машина. Цикл Карно в координатах  $(P, V)$  и  $(T, S)$ . Вывод формулы КПД. Теоремы Карно. Различные формулировки второго закона термодинамики. Холодильная машина.
15. Реальные газы. Изотермы реального газа. Насыщенный пар. Критическое состояние. Критические параметры.
16. Уравнение Ван-дер-Ваальса для 1 моля и  $\nu$  молей. Физический смысл постоянных Ван-дер-Ваальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Метастабильные состояния. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса.
17. Эффект Джоуля – Томсона. Физическая сущность. Дифференциальный коэффициент Джоуля – Томсона. Дифференциальный и интегральный эффект. Энтальпия. Температура инверсии.
18. Свободная энергия как функция состояния. Три формулировки для коэффициента поверхностного натяжения. Опыт Плато. Зависимость коэффициента поверхностного натяжения от ряда факторов. Поверхностно-активные вещества.
19. Условия равновесия на границе двух жидкостей и на границе жидкость – твердое тело. Краевой угол. Примеры смачивания и несмачивания.
20. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Вывод формулы Лапласа. Частные случаи. Капилляры. Вывод формулы поднятия жидкости в капилляре.
21. Симметрия кристаллов. 4 типа кристаллов. Дефекты в кристаллах. Классическая теория теплоемкости твердых тел: законы Дюлонга и Пти и Джоуля – Коппа.
22. Фаза. Фазовое равновесие. Фазовые переходы первого и второго рода. Полиморфизм. Условия кипения, плавления, сублимации. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Тройная точка. Диаграмма состояний.

### Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания по экзамену
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и

	<i>теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.</i>
<i>Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)</i>	<i>оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.</i>
<i>Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)</i>	<i>оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.</i>

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий**

### **5.1. Учебная литература**

1. Савельев, И.В. Курс общей физики : учебное пособие : в 3 т. Т. 1 : Механика. Молекулярная физика / Савельев И.В. - СПб. : Лань, 2018. - 436 с. - <https://e.lanbook.com/book/98245#authors> .

3. Алешкевич, В.А. Курс общей физики. Молекулярная физика : учебник / Алешкевич В.А. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2016. - 312 с. - <https://e.lanbook.com/book/91145> .

4. Кикоин, А.К. Молекулярная физика : учебное пособие / А.К. Кикоин, И.К. Кикоин. - Санкт-Петербург : Лань, 2008. - 480 с. - [https://e.lanbook.com/book/185#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/185#book_name) .

5. Трофимова Т.И. Курс физики : учеб. пособие для инженерно-технических

специальностей вузов / Т.И. Трофимова. – М. : Академия, 2014.

6. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике : учебное пособие / И.Е. Иродов. - СанктПетербург : Лань, 2018. - 420 с. - <https://e.lanbook.com/book/99230> .

7. Савельев, И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике : учебное пособие / И.В. Савельев. - 7-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2016. - 292 с. - <https://e.lanbook.com/book/71766> .

## 5.2. Периодическая литература

Указываются печатные периодические издания из «Перечня печатных периодических изданий, хранящихся в фонде Научной библиотеки КубГУ» <https://www.kubsu.ru/ru/node/15554>, и/или электронные периодические издания, с указанием адреса сайта электронной версии журнала, из баз данных, доступ к которым имеет КубГУ:

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>
3. ScienceDirect – ведущая информационная платформа Elsevier <https://www.elsevier.com/>
4. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
5. Известия высших учебных заведений. Радиофизика.
6. Информатизация и связь
7. Успехи физических наук
8. Журнал экспериментальной и теоретической физики
9. Письма в "Журнал экспериментальной и теоретической физики"
10. Радиотехника и электроника

## 5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

### Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

### Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prlib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>

13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

#### **Информационные справочные системы:**

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

#### **Ресурсы свободного доступа:**

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.uceba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy\\_i\\_otvety](http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy_i_otvety)

#### **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы**

##### **КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

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

Лекция является одной из форм изучения теоретического материала по дисциплине. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных подходов и теорий. В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. Записи должны быть избирательными. В конспекте применяют сокращение слов, что ускоряет запись.



Вопросы, возникающие в ходе лекции, если не заданы сразу, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения.

Одним из основных видов деятельности студента является самостоятельная работа, которая включает в себя изучение лекционного материала, учебников и учебных пособий, подготовки к выполнению лабораторных работ и оформлению технических отчётов по ним, а так же подготовки к практическим занятиям изучением краткой теории в задачниках и решении домашних заданий. Методика самостоятельной работы предварительно разъясняется преподавателем и в последующем может уточняться с учетом индивидуальных особенностей студентов. Время и место самостоятельной работы выбираются студентами по своему усмотрению планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять равномерно на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Самостоятельную работу над дисциплиной следует начинать с изучения программы, которая содержит основные требования к знаниям, умениям и навыкам обучаемых. Обязательно следует вспомнить рекомендации преподавателя, данные в ходе установочных занятий. Затем следует приступить к изучению отдельных разделов и тем в порядке, предусмотренном программой. Получив представление об основном содержании раздела, темы, необходимо изучить материал по теме, изложенный в учебнике. Целесообразно составить краткий конспект или схему, отображающую смысл и связи основных понятий данного раздела и включенных в него тем (или более продуктивно – дополнить конспект лекции).

Обязательно следует записывать возникшие вопросы, на которые не удалось ответить самостоятельно. Необходимо изучить список рекомендованной литературы и убедиться в её наличии в личном пользовании или в подразделениях библиотеки в бумажном или электронном виде. Всю основную учебную литературу желательно изучать с составлением конспекта. Чтение литературы, не сопровождаемое конспектированием, мало результативно. Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала. Эти навыки обязательны для любого специалиста с высшим образованием независимо от выбранного направления.

Написание конспекта должно быть творческим – нужно не переписывать текст из источников, но пытаться кратко излагать своими словами содержание ответа, при этом максимально его структурируя и используя символы и условные обозначения (в этом Вам помогут вопросы выносимые на зачетное тестирование и экзамен). Копирование и заучивание неосмысленного текста трудоемко и по большому счету не имеет познавательной и практической ценности. При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю при посещении занятий и консультаций, либо в индивидуальном порядке.

При чтении учебной и научной литературы необходимо всегда следить за точным и полным пониманием значения терминов и содержания понятий, используемых в тексте. Всегда следует уточнять значения по словарям или энциклопедиям, при необходимости записывать.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## 7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.

При заполнении таблицы учитывать все виды занятий, предусмотренные учебным планом по данной дисциплине: лекции, занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), а также курсовое проектирование, консультации, текущий контроль и промежуточную аттестацию.

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа 300С, 201С, 227С, 114С, 209 С, 315 С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 227С, 114С, 209 С, 315 С, 133 С, 317С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование:	Операционная система MS Windows. Офисный пакет приложений MicrosoftOffice. Система MATLAB

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.

<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд.207С)</p>	<p>Мебель: учебная мебель          Комплект специализированной мебели: компьютерные столы          Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.</p>
--	---	---