Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор
_____ Хагуров Т.А.
подпись
«31» мая 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.12.02 МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (профиль) Оптические системы и сети связи

Форма обучения очная

Квалификация выпускника бакалавр

Краснодар 2019

Рабочая программа дисциплины Б1.О.12.02 «Молекулярная физика» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» профиль «Оптические системы и сети связи».

Программу составил:
М.А. Жужа, доцент кафедры радиофизики
и нанотехнологий ФТФ КубГУ, канд. физ.-мат. наук



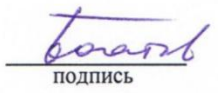
Рабочая программа дисциплины Б1.О.12.02 «Молекулярная физика»
утверждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий
протокол № 7 «14» мая 2019 г.
Заведующий кафедрой (разработчика) Копытов Г.Ф.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры оптоэлектроники
протокол № 11 «21» мая 2019 г.
Заведующий кафедрой (выпускающей) Яковенко Н.А.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии
физико-технического факультета
протокол № 11 «21» мая 2019 г.
Председатель УМК факультета Богатов Н.М.



Рецензенты:

Гаврилов А.И., доцент кафедры физики ФГБОУ ВО КубГТУ, канд. физ.-мат. наук

Исаев В.А., заведующий кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий ФГБОУ ВО КубГУ, д-р физ.-мат. наук

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 положений, законов и методов исследований молекулярной физики;
– приобретение умения использовать законы физики для решения инженерных задач;
– овладение навыками и методами решения задач по основным разделам молекулярной физики.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Молекулярная физика» относится к обязательной части Блока 1 модуля «Физика» учебного плана. Для успешного изучения дисциплины необходимы знания школьного курса физики и основ математического анализа. Освоение дисциплины необходимо для изучения других разделов физики.

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 общепрофессиональных компетенций (ОПК):

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	**уметь**	**владеть**
1	ОПК-1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	положения, законы и методы молекулярной физики	применять законы физики для решения задач инженерной деятельности	навыками и методами решения задач по основным разделам молекулярной физики
2	ОПК-2	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	экспериментальные методы научных исследований	проводить обработку результатов измерений	приемами представления полученных данных

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зач. ед., (72 часа), и их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы		Всего часов	2-й семестр (часы)
Контактная работа, в том числе:		**50,2**	**50,2**
Аудиторные занятия (всего)		**48**	**48**
Занятия лекционного типа		32	32
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		16	16
Лабораторные занятия		-	-
Иная контактная работа:		**2,2**	**2,2**
Контроль самостоятельной работы (КСР)		2	2
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2
Самостоятельная работа, в том числе:		**21,8**	**21,8**
Проработка учебного (теоретического) материала		10	10
Выполнение творческих, инженерных и исследовательских заданий, углубляющих и расширяющих лекционный материал		5,8	5,8
Решение задач по молекулярной физике		6	6
Контроль:		-	-
Подготовка к зачету		-	-
Общая трудоемкость	**час.**	**72**	**72**
	в том числе контактная работа	**50,2**	**50,2**
	зач. ед.	**2**	**2**

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.
Разделы (темы) дисциплины, изучаемые во _2-м_ семестре:

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СР
1	Идеальный газ	22	10	4	-	8
2	Явления переноса в газах	9,8	4	4	-	1,8
3	Термодинамика	22	10	4	-	8
4	Реальные газы, жидкости и твердые тела	16	8	4	-	4
	Итого по дисциплине:	**69,8**	**32**	**16**	-	**21,8**

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

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа.

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Идеальный газ	Физика – наука экспериментальная. Теоретические и экспериментальные методы научного исследования. Молекулярно-кинетическая теория. Моль. Молярная масса. Число Авогадро. Изопроцессы.	Устный опрос, проверка домашнего задания
2	Идеальный газ	Уравнение Менделеева-Клапейрона. Закон Дальтона. Молярная масса смеси.	
3	Идеальный газ	Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.	
4	Идеальный газ	Барометрическая формула. Распределение Больцмана.	
5	Идеальный газ	Распределение молекул газа по скоростям (распределение Максвелла).	
6	Явления переноса в газах	Эффективный диаметр и сечение молекулы. Средняя длина свободного пробега и число столкновений. Вакуум.	Устный опрос, проверка домашнего задания
7	Явления переноса в газах	Диффузия в газах. Закон Фика. Внутреннее трение. Формула Ньютона.Теплопроводность. Закон Фурье.	
8	Термодинамика	Работа газа. Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам.	Устный опрос, проверка домашнего задания
9	Термодинамика	Теплоемкость идеального газа. Уравнение Майера.	
10	Термодинамика	Адиабатический процесс. Политропический процесс.	
11	Термодинамика	Энтропия. Второй закон термодинамики. Третий закон термодинамики. Расчет изменения энтропии в процессах идеального газа, при нагревании и плавлении.	
12	Термодинамика	Тепловая машина. Цикл Карно. Теоремы Карно. Холодильная машина.	
13	Реальные газы, жидкости и твердые тела	Реальные газы. Критическое состояние. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля – Томсона. Энтальпия.	Устный опрос, проверка домашнего задания
14	Реальные газы, жидкости и твердые тела	Жидкости. Свободная энергия. Поверхностное натяжение. Условия равновесия на границе двух жидкостей и на границе жидкость – твердое тело. Смачивание, несмачивание.	
15	Реальные газы, жидкости и твердые тела	Давление под искривленной поверхностью жидкости. Формула Лапласа. Капиллярные явления.	Устный опрос, проверка домашнего задания
16	Реальные газы, жидкости и твердые тела	Кристаллические твёрдые тела и их теплоёмкость. Фазовые переходы первого и второго рода. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Диаграмма состояний.	

2.3.2 Занятия семинарского типа.

№	Наименование раздела (темы)	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	Идеальный газ	Основные приемы обработки и представления экспериментальных данных. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Закон Дальтона. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.	Устный опрос. Проверка домашнего задания. Контрольная работа
2	Идеальный газ	Барометрическая формула. Распределение Больцмана. Распределение молекул газа по скоростям (распределение Максвелла).	
3	Явления переноса в газах	Средняя длина свободного пробега и число столкновений. Вакуум. Диффузия в газах. Закон Фика.	Устный опрос. Проверка домашнего задания. Контрольная работа
4	Явления переноса в газах	Внутреннее трение. Формула Ньютона. Теплопроводность. Закон Фурье.	
5	Термодинамика	Первый закон термодинамики. Теплоемкость идеального газа. Уравнение Майера. Адиабатический процесс.	Устный опрос. Проверка домашнего задания. Контрольная работа
6	Термодинамика	Энтропия. Расчет изменения энтропии в процессах идеального газа. Цикл Карно. Расчеты КПД различных циклов.	
7	Реальные газы, жидкости и твердые тела	Реальные газы. Критическое состояние. Уравнение Ван-дер-Ваальса.	Устный опрос. Проверка домашнего задания. Контрольная работа
8	Реальные газы, жидкости и твердые тела	Жидкости. Поверхностное натяжение. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Формула Лапласа. Капилляры.	

2.3.3 Лабораторные занятия.

В данной учебной дисциплине лабораторные занятия не предусмотрены. Однако, лабораторные работы по молекулярной физике проводятся одновременно с лекциями и семинарскими занятиями в отдельной учебной дисциплине Б1.О.12.07 «Общий физический практикум».

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов).

Согласно учебному плану по данной дисциплине не предусмотрены курсовые работы (проекты).

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.	Проработка теоретического материала	Методические указания по изучению теоретического материала, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017.
2.	Выполнение творческих, инженерных и исследовательских заданий	1. Жужа М.А. Молекулярная физика: тексты лекций (с заданиями по ТРИЗ) / М.А. Жужа. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2011. 2. Материалы в электронном виде в среде модульного динамического обучения Moodle КубГУ на сайте http://moodle.kubsu.ru (информация по теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) для развития творческих способностей). 3. Методические указания к самостоятельной работе студента для выполнения творческих заданий по решению изобретательских задач, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017.
3.	Решение задач по молекулярной физике	1. Методические указания для решения задач по физике, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017. 2. Материалы в электронном виде в среде модульного динамического обучения Moodle КубГУ на сайте http://moodle.kubsu.ru (примеры решения задач и краткие рекомендации по их решению).

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 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.

3. Образовательные технологии.

При реализации учебной работы по освоению дисциплины «Молекулярная физика» используются современные образовательные технологии:

– информационно-коммуникационные технологии;

– проблемное обучение.

На **лекции** выносится 80 % материала, изложенного в программе дисциплины. Остальные 20 % материала выносятся для самостоятельного изучения. При объяснении нового материала используются проблемное изложение материала и поисковая беседа. По основным разделам дисциплины выпущено учебное издание «Молекулярная физика: тексты лекций», имеющееся в библиотеке КубГУ. Студентам учебный материал предъявляется также и в электронном виде для ознакомления и изучения. Благодаря этому сокращается время на конспектирование лекционных занятий, что позволяет показывать демонстрационные опыты и наглядные пособия, обсуждать современные достижения науки и

техники, разбирать конкретные проблемные ситуации и изобретательские задачи. Кроме того, в конце каждого лекционного занятия студентам предлагаются для выполнения творческие, инженерные и исследовательские задания, углубляющие и расширяющие лекционный материал, развивающие инновационное мышление и фантазию, а также умение работать с привлечением современных информационных технологий для поиска учебных материалов в сети Интернет. Задания основаны на современной технологии творчества – теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), и результаты выполнения этих заданий обсуждаются на следующей лекции или семинарском занятии.

Информационно-коммуникационные технологии представлены также средой модульного динамического обучения Moodle. На сайте Moodle КубГУ создан электронный курс «Молекулярная физика для ФТФ» для обеспечения интернет-поддержки обучения. Студентам доступны следующие учебно-методические материалы в электронном виде: конспекты лекций, примеры решения задач, описания лабораторных работ с рекомендациями по их оформлению и защите, тест, перечни учебной литературы и экзаменационных вопросов (вопросов к зачету), информация о рациональных приёмах запоминания учебного материала и быстрому конспектированию, материалы для развития творческих способностей.

На **практических (семинарских) занятиях** рассматриваются фрагменты теории, требующие сложных математических выкладок, различные методы решения задач, наиболее типичные, трудные и творческие задачи. Для закрепления материала, рассматриваемого на семинарах, студенты получают домашние задания в виде задач из соответствующих задачников.

Лабораторные занятия (вынесенные в отдельную учебную дисциплину «Общий физический практикум») проводятся в специализированной лаборатории молекулярной физики на лабораторных установках ЛКТ группами студентов из 2 человек. На лабораторных занятиях студенты знакомятся с методами экспериментальных измерений различных свойств веществ, учатся пользоваться измерительными приборами, овладевают приемами обработки и представления экспериментальных данных.

Эффективность учебной деятельности студентов оценивается по **рейтинговой системе**.

В учебном процессе используются следующие **активные и интерактивные формы** проведения занятий: лекционные демонстрации с обсуждением, дискуссия, поисковая беседа, творческие инструменты ТРИЗ, разбор конкретных ситуаций, творческие задания.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

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

Текущий контроль:

– устный опрос по контрольным вопросам по разделам учебной программы;

– контрольные работы по решению задач;

– домашние задания к семинарским и лекционным занятиям (для самостоятельной работы).

Промежуточная аттестация:

– зачет.

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации.

4.1.1 Примеры контрольных вопросов для устного опроса по разделам учебной программы.

Раздел 1. Идеальный газ.

Какие теоретические методы научного исследования Вы знаете?

Какие экспериментальные методы научного исследования Вы знаете?

Какие Вы знаете погрешности измерений?

Каковы основные положения молекулярно-кинетической теории?

Опишите простейшую модель вещества – идеальный газ.

Какие упрощения делались при выводе барометрической формулы?

Как можно приблизительно оценить высоту атмосферы?

Объясните физический смысл распределения Больцмана.

Каков физический смысл функции распределения молекул по скоростям?

Раздел 2. Явления переноса в газах.

Приведите примеры использования вакуума в технических устройствах.

В чём сущность явлений переноса? Каковы они и при каких условиях возникают?

Почему диффузия жидкостей происходит значительно медленнее, чем диффузия газов?

Что называют коэффициентом диффузии (вязкости, теплопроводности)? От каких параметров он зависит для газов?

Как вязкость газов зависит от температуры?

Раздел 3. Термодинамика.

Почему теплоёмкость C_p больше теплоёмкости C_v?

Что происходит с температурой газа, если он расширяется при постоянном давлении?

Что происходит с температурой газа, если он расширяется адиабатически?

В дизельном двигателе воздух подвергается очень сильному и быстрому сжатию. Для чего это делается?

Какие конструкции «вечных двигателей» «созданы» по законам молекулярной физики?

Раздел 4. Реальные газы, жидкости и твердые тела.

Объясните различие экспериментальных изотерм и изотерм, соответствующих уравнению Ван-дер-Ваальса.

Какую жидкость можно налить в стакан выше его краёв?

Почему у всех веществ поверхностное натяжение уменьшается с увеличением температуры?

Жидкие лекарства часто отмеряют каплями. Является ли это достаточно точной мерой?

Что такое «биметалл» и где он применяется?

4.1.2 Пример контрольной работы для семинарского занятия.

1. Оцените, сколько молекул вы вдыхаете, если при одном вдохе получаете 1 л воздуха.

2. Молекулы газа распределены по объему в среднем равномерно. Известна концентрация молекул n. Оценить среднее расстояние $< r >$ между молекулами.

3. В сосуде объемом 1 м^3 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 воз-

духа меньше своего значения на уровне моря в 2 раза. Температуру воздуха принять равной 0 °С.

5. Какая средняя энергия ⟨ε⟩ приходится в состоянии термодинамического равновесия при температуре Т, – в соответствии с классическим законом равнораспределения, – на одну: а) поступательную степень свободы; б) вращательную степень свободы; в) колебательную степень свободы?

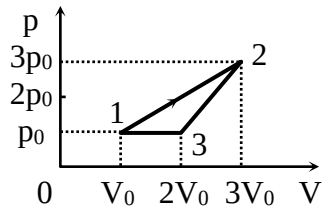
4.1.3. Примеры задач для домашней самостоятельной работы

1. В баллоне, объём которого 0,25 м^3, находится газовая смесь, состоящая из углекислого газа и паров воды. Температура смеси 327 °С. Число молекул углекислого газа $N_1 = 6{,}6 \cdot 10^{21}$, число молекул паров воды $N_2 = 0{,}9 \cdot 10^{21}$. Вычислить давление и молярную массу газовой смеси.

2. Какая часть молекул сернистого ангидрида (SO_2) при температуре 200 °С обладает скоростями в пределах 420–430 м/с?

3. Определить количество теплоты, которое нужно передать 7 кг водорода для того, чтобы газ увеличил свой объем при постоянном давлении так, что его температура повысилась на 200 °С.

4. На рисунке показан цикл, проведённый с идеальным одноатомным газом. Найти КПД цикла.



5. При каком давлении должен находиться кислород в количестве 100 моль, чтобы при температуре Т = 320 К он занимал объем 0,1 м^3? Задачу решить, рассматривая кислород как: а) идеальный газ; б) реальный газ, подчиняющийся уравнению Ван-дер-Ваальса. Поправки Ван-дер-Ваальса для кислорода равны: $a = 0{,}137$ Н ·м^4/моль^2, $b = 3{,}17 \cdot 10^{-5}$ м^3/моль.

6. Теплоёмкость твердого тела при температуре Т > 273 К может быть вычислена по эмпирической формуле $c = a + bT$. Для алюминия величины a и b равны: $a = 766$ Дж/(кг·К), $b = 0{,}459$ Дж/(кг·К^2). Найти изменение энтропии при нагревании алюминиевого бруска массой 8 кг от температуры 300 К до 900 К.

7. Спирт по каплям вытекает из сосуда через вертикальную трубку внутренним диаметром d = 2 мм. Капли отрываются через время Δt = 1 с одна после другой. Через какое время t вытечет масса m = 10 г спирта? Диаметр шейки капли в момент отрыва считать равным внутреннему диаметру трубки. Для спирта σ = 0,02 Н/м.

4.1.4 Примеры домашних творческих заданий на основе ТРИЗ инженерной направленности для самостоятельной работы.

1. Газ-работник.

Обычно рабочий орган технических систем выполнен из твёрдого тела, например, у экскаватора – ковш, у трамвая – колесо. (Рабочий орган – это элемент, выполняющий главную полезную функцию технической системы и к которому в данной системе подводится энергия.) Приведите примеры устройств, в которых рабочим органом является газ. Каким законам развития техники соответствует рабочий орган из газа?

2. Высота здания.

Как измерить высоту здания с помощью барометра? Используя известный в ТРИЗ метод Робинзона Крузо, выявите скрытые (неочевидные, новые) свойства барометра и предложите 10 разных способов определения высоты здания. По ключевым словам «Как измерить высоту здания с помощью барометра?» найдите решения этой задачи в Интернете и сравните их со своими решениями.

3. Приборы для измерения давления.

В «сильных» изобретениях всегда применяются физические эффекты. Что такое «физический эффект»? В ТРИЗ существует специализированный указатель физических эффектов и явлений для изобретателей. По материалам сети Интернет изучите различные конструкции приборов для измерения давления: манометр, дифференциальный манометр, вакуумме́тр, барометр, датчики давления. Составьте список физических эффектов, на основе которых работают эти приборы.

4. Вакуум в науке, технике и быту.

Использование пустоты (вакуума) вместо вещества – это один из законов развития технических систем и один из изобретательских приёмов. Наберите в любой поисковой системе в Интернете слова «вакуумный», «вакуумная», «вакуумное» и составьте список технических устройств и технологий с использованием вакуума.

5. Самодельный калориметр.

Используя вещественно-полевые ресурсы (а именно надсистемные, «копеечные» ресурсы вещества), сконструируйте и изготовьте самодельный калориметр из пластиковой бутылки 1,5 л и алюминиевой банки из-под газированной воды объёмом 0,33 л.

6. Состояния вещества.

Используя известный в ТРИЗ «Метод числовой оси», разместите на оси известные агрегатные состояния вещества. По какому параметру они располагаются на оси? Возможно, у Вас будет несколько вариантов осей. Каким состояниям вещества соответствует «ноль», область отрицательных и максимально положительных значений?

7. Микроскоп из капли воды.

В обычном микроскопе линзы изготовлены из стекла. Придумайте, как изготовить микроскоп из капли воды? Позволяет ли увеличение такого микроскопа увидеть броуновское движение, например, частиц акварельной краски (туши) в воде? Какие недостатки имеет этот микроскоп и как их устранить? В ТРИЗ существует раздел о законах развития технических систем. Каким законам соответствует такой микроскоп?

8. Вода в решете.

Используя знания по молекулярной физике и изобретательские приёмы, известные из ТРИЗ, предложите 10–20 разных способов транспортировки воды в решете.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Перечень вопросов, выносимых на зачёт:

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 ν 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.

Зачёт по теоретическому (лекционному) материалу дисциплины «Молекулярная физика» проводится в устной форме, при этом студенту задаются 2 вопроса из общего перечня вопросов к зачету. Студенту даётся необходимое время (30-60 минут) для подготовки плана-конспекта своего ответа.

Рекомендуется следующие критерии оценки знаний.

Оценка «**неудовлетворительно/не зачтено**» выставляется в том случае, если студент демонстрирует:

- незнание основных законов, формул, понятий и терминов учебной дисциплины;
- поверхностное знание теоретического материала.

Оценка **«удовлетворительно/зачтено»** ставится студентам, которые при ответе:

- в основном знают учебно-программный материал в объёме, необходимом для продолжения учебы и работы по профессии;
- в целом усвоили основную литературу;
- в ответах на вопросы имеют нарушения в последовательности изложения учебного материала, демонстрируют поверхностные знания вопроса, приводят без математических выводов необходимые физические формулы;
- имеют краткие ответы только в рамках лекционного курса;
- приводят нечеткие формулировки физических понятий и законов;
- имеют существенные погрешности и грубые ошибки в ответе.

Оценка **«хорошо/зачтено»** ставится студентам, которые при ответе:

- обнаруживают твёрдое знание программного материала, который излагают систематизировано, последовательно и уверенно;
- усвоили основную и наиболее значимую дополнительную литературу;
- допускают отдельные погрешности и незначительные ошибки при ответе;
- не полностью приводят математические выводы для физических формул в письменных ответах;
- в устных ответах не допускает серьезных ошибок и легко устраняет отдельные неточности с помощью дополнительных вопросов преподавателя.

Оценка **«отлично/зачтено»** ставится студентам, которые при ответе:

- обнаруживают всестороннее систематическое и глубокое знание программного материала (знание основных понятий, законов и терминов учебной дисциплины, умение оперировать ими);
- излагают материал логично, последовательно, развернуто и уверенно;
- излагают материал с достаточно четкими формулировками, подтверждаемыми графиками, цифрами или примерами;
- владеют научным стилем речи;
- делают математические выводы физических формул;
- демонстрируют знание материала лекций, базовых учебников и дополнительной литературы.

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 зачете;
- 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 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 основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).

5.1 Основная литература:

1. Жужа М.А. Молекулярная физика: тексты лекций / М.А. Жужа. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2011.
2. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для инженерно-технических специальностей вузов / Т.И. Трофимова. – М.: Академия, 2014.
3. Савельев И.В. Курс физики (в 3 тт.). Том 1. Механика. Молекулярная физика. [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2017. – 356 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/95163 .
4. Алешкевич В.А. Курс общей физики. Молекулярная физика. [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – М.: Физматлит, 2016. – 312 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/91145 .
5. Кикоин А.К. Молекулярная физика: учеб. пособие для студентов физических специальностей вузов / А.К. Кикоин, И.К. Кикоин. – СПб.: Лань, 2007.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань», «Юрайт», «Университетская библиотека ONLINE».

5.2 Дополнительная литература:

1. Трофимова Т.И. Основы физики. Молекулярная физика. Термодинамика: [учебное пособие] / Т. И. Трофимова. – М.: КНОРУС, 2011.
2. Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие [для вузов] / Т. И. Трофимова. – М.: Академия, 2010.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 3. Молекулярная физика и термодинамика. [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2011. – 224 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/706 .
4. Телеснин В.Р. Молекулярная физика. [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2009. – 368 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/391 .
5. Физика. Практикум по решению задач. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.Л. Гладков [и др.]. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2014. – 288 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/41013 .
6. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики / В.С. Волькенштейн. – СПб.: Книжный мир: [Профессия], 2008.
7. Иродов И.Е. Задачи по общей физике: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Издательство «Лаборатория знаний», 2017. – 434 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/94101 .
8. Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике. [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2016. – 292 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/71766 .

5.3 Периодические издания:

В библиотеке КубГУ имеются следующие периодические издания по профилю дисциплины:

Биофизика.
В мире науки.
Вестник МГУ. Серия: Физика. Астрономия.
Журнал прикладной механики и технической физики.
Журнал технической физики.
Известия ВУЗов. Серия: Физика.
Инженерная физика.
Медицинская физика.
Приборы и техника эксперимента.
Успехи физических наук.
Физика. Реферативный журнал. ВИНИТИ.

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам – URL: http://window.edu.ru/.
2. Федеральный образовательный портал – URL: http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm.
3. Каталог научных ресурсов – URL: http://www.scintific.narod.ru/literature.htm.
4. Большая научная библиотека – URL: http://www.sci-lib.com/.
5. Раздел «Молекулярная физика и термодинамика» Естественно-научного образовательного портала – URL: http://www.en.edu.ru/catalogue/312.
6. Раздел по молекулярной физике и термодинамике учебно-образовательной физико-математической библиотеки сайта EqWorld – URL: http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/thermodynamics.htm.
7. Лекции по физике для ВУЗов – URL: http://physics-lectures.ru/.
8. Раздел «Термодинамика и статфизика» образовательного проекта А.Н. Варгина «Физика, химия, математика студентам и школьникам» – URL: http://www.ph4s.ru/book_ph_ob_termo.html.
9. Формулы по молекулярной физике и термодинамике – URL: http://www.formules.ru/showcat.php?id=6&page=1.
10. Сайт КубГУ среды модульного динамического обучения Moodle – URL: http://moodle.kubsu.ru.

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

В учебной дисциплине предусмотрены лекционные и семинарские занятия. Для достижения высоких результатов обучения студенту необходимо знать приёмы быстрого конспектирования учебного материала и его эффективного запоминания. Информация об этих приёмах имеется в сети Интернет и на сайте Moodle КубГУ (в методических материалах к учебной дисциплине «Молекулярная физика для ФТФ»).

Для успешного освоения дисциплины «Молекулярная физика» при *самостоятельной работе* студент должен иметь:

1) конспект лекций в бумажном или электронном виде;
2) учебник (учебное пособие) и сборник задач в соответствии со списком литературы;
3) тетрадь для семинарских занятий.

Студенту необходимо систематически работать в течение семестра по изучению теоретического материала, освоению типовых приемов решения задач.

Современный инженер должен быть подготовлен к научно-исследовательской и инновационной видам профессиональной деятельности, а физика является одной из основ научно-технического прогресса. Поэтому для развития творческого мышления, способно-

сти к самообразованию и в качестве методики практического применения полученных на лекциях знаний студентам рекомендуется изучение и применение теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). В связи с этим каждая лекция заканчивается творческим ТРИЗ-заданием инженерной направленности, связанным с лекционным материалом, научными исследованиями или обучением в вузе. Возможные решения ТРИЗ-заданий обсуждаются на очередной лекции или семинарском занятии и отмечаются студенты, предложившие наиболее полные и оригинальные решения. Для выполнения ТРИЗ-заданий студентам необходимо иметь начальные знания о ТРИЗ. Для этого рекомендуется самостоятельно: 1) изучить электронную книгу «Введение в ТРИЗ. Основные понятия и подходы» (http://www.altshuller.ru/e-books/); 2) изучить материалы Википедии, начиная со слова «ТРИЗ»; 3) прочесть книги по ТРИЗ из библиотеки КубГУ; 4) посетить соответствующие ТРИЗ-сайты.

Самостоятельная работа содержит следующие виды учебной деятельности студентов:

– теоретическую самоподготовку к учебным занятиям по конспектам и учебной литературе;

– выполнение домашних заданий (решение типовых задач по молекулярной физике и выполнение творческих заданий инженерной направленности).

Сроки выполнения домашних заданий: выполненная домашняя работа предоставляются для проверки преподавателю на очередном (следующем) учебном занятии.

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.

Успешность освоения студентом учебной дисциплины отражается в его *рейтинге* – сумме баллов, которая формируется в течение семестра по результатам выполнения домашних работ и творческих заданий, контрольных работ, устных опросов и активности на семинарских занятиях.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).

8.1 Перечень информационных технологий.

1 Консультирование посредством электронной почты.

2. Использование электронной презентации на сайте Moodle КубГУ.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

1. Среда модульного динамического обучения Moodle.

8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Электронный каталог научной библиотеки КубГУ (http://212.192.134.46/MegaPro/Web).

2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» (http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red).

3. Электронная библиотечная система издательства «Лань» (https://e.lanbook.com/).

4. Электронная библиотечная система «Юрайт» (https://www.biblio-online.ru/).

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Аудитория 201с, оснащенная интерактивным проектором и магнитно-маркерной доской.
2.	Семинарские занятия	Аудитория 230с, оснащенная магнитно-маркерной доской.
3.	Лабораторные занятия	- (Лабораторные занятия в данной учебной дисциплине не предусмотрены.)
4.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория 230с, оснащенная магнитно-маркерной доской.
5.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория 227с, оснащенная переносным проектором и магнитно-маркерной доской.
6.	Самостоятельная работа	Аудитория 311с, оснащенная компьютерной техникой с подключением к сети Интернет.