

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Молекулярная физика и термодинамика

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

09.03.02 - Информационные системы и технологии

---

Направленность образовательной программы

Информационные системы и технологии в физических исследованиях

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.07.02 Молекулярная физика и термодинамика относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;	ОПК-1.1: Знать основы высшей математики, общей физики, теории вероятности и технологий программирования ОПК-1.2: Уметь решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования ОПК-1.3: Иметь навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Знать основные понятия, факты, концепции, принципы теорий естественных наук, математики и информатики. Базовый математический аппарат содержание общей физики, связанные физикой и информатикой  ОПК-1.2: Уметь выполнять стандартные действия, решать типовые задачи с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых дисциплин математики, информатики и физики; понимать и применять на практике компьютерные технологии для решения различных прикладных задач  ОПК-1.3: Владеть навыками решения практических задач по физике, базовыми знаниями естественных наук, математики и информатики, связанными с физикой, прикладной математикой и информатикой	Аудиторная контрольная работа Коллоквиум	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы

--	--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>5</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>180</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>64</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>48</b>
- КСР	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>30</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> <b>Экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1. Механика сплошных сред .	36	16	16	32	4
Тема 2. Первое начало термодинамики. Процессы с идеальным газом.	30	12	12	24	6
Тема 3. Второе начало термодинамики.	26	12	8	20	6
Тема 4. Газ Ван-дер-Ваальса	14	6	4	10	4
Тема 5. Равновесие фаз и фазовые переходы.	12	6	2	8	4
Тема 6. МКТ газов	24	12	6	18	6
Аттестация	36				
КСР	2				2
Итого	180	64	48	114	30

#### Содержание разделов и тем дисциплины

. Кинематика твердого тела. Твердое тело. Виды движения твердого тела. Степени свободы. Связь между линейными и угловыми характеристиками движения твердого тела. Плоское движение твердого

тела. Мгновенные оси вращения. Центр масс и момент инерции твердого тела относительно центра масс. Теорема Штейнера-Гюйгенса.

2. Динамика твердого тела. Уравнение моментов для твердого тела, вращающегося относительно неподвижной оси. Плоское движение твердого тела. Кинетическая энергия твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси и совершающего плоское движение. Теорема Кенига. Условие равновесия твердого тела. Трение качения. Свободные оси вращения. Главные оси инерции. Тензор и эллипсоид инерции. Момент импульса твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Приближенная теория гироскопов.

3. Механика жидкостей и газов. Распределение давления в покоящейся несжимаемой жидкости в поле силы тяжести. Закон Архимеда. Барометрическая формула. Уравнение Бернулли для стационарного потока идеальной несжимаемой жидкости. Изменение давления в направлении перпендикулярном линии тока. Вязкость. Стационарное течение вязкой жидкости по прямолинейной трубе. Формула Пуазейля. Распределение скоростей в вязкой жидкости между двумя вращающимися цилиндрами. Действие потока жидкости или газа на тело. Коэффициент лобового сопротивления. Число Рейнольдса. Подъемная сила крыла самолета. Обтекание крыла жидкостью.

Раздел «Молекулярная физика и термодинамика»

1. Метод термодинамики. Термодинамическая система. Термодинамические параметры, процессы. Равновесные и неравновесные процессы. Температура как функция состояния. Определение температуры. Температурная шкала по идеальному газу. Уравнение состояния.

2. Молекулярно-кинетическая теория газов. Основное уравнение кинетической теории газов. Давление идеального газа. Закон Дальтона. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Количество теплоты. Первый принцип термодинамики. Адиабатическое расширение и сжатие.

3. Первый принцип термодинамики. Работа и внутренняя энергия. Первый принцип термодинамики для адиабатически изолированной системы. Теплоемкость. Уравнение политропического процесса. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия и теплоемкость идеального газа..

4. Газы с межмолекулярным взаимодействием. Реальные газы. Уравнение Ван-дерВаальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Критическая температура и критическое состояние. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Недостатки уравнения Ван-дерВаальса.

5. Второй принцип термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия идеального газа. Циклические процессы. Цикл Карно. Второй принцип термодинамики. Первая теорема Карно. Термодинамическая шкала температур. Приведенное количество теплоты. Энтропия.

Дифференциальные соотношения для энтропии. Изменение энтропии при необратимых процессах. Вторая теорема Карно. Неравенство Клаузиуса. Закон возрастания энтропии. Пределы применимости второго принципа термодинамики. Статистический смысл второго принципа термодинамики.

6. Равновесие фаз и фазовые переходы. Метод микроциклов. Уравнение КлапейронаКлаузиуса. Кривые равновесия фаз. Тройная точка.

7.. Статистическая термодинамика. Фазовое пространство. Распределение Максвелла. Вычисление средних значений скоростей.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Молекулярная физика и термодинамика"  
(<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=3881>).

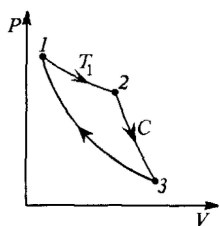
**5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Аудиторная контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:**

1. Первоначальный объем идеального газа равен  $V_0$ . Идеальный газ расширяется по закону  $p = bV$  до объема  $aV_0$  ( $a, b$  – некоторые положительные константы). Найти теплоту, поглощенную газом в этом процессе. Адиабатическая постоянная  $g$ .
2. Для идеального газа с показателем адиабаты  $g$  найти уравнение процесса, при котором молярная теплоемкость зависит от температуры по закону:  $C = aT^2$ , где  $a$  – const.
3. Найти уравнение процесса для идеального газа, при котором теплоемкость газа меняется с температурой по закону  $C = \alpha T$ , где  $\alpha$  – постоянная.
4. Идеальный газ в количестве 1 моль совершает циклический процесс, изображенный на рис. Известно, что объем газа изменяется в пределах цикла в  $n$  раз. Начальная температура газа  $T_1 = T_0$ . Найдите работу газа цикл.
5. Идеальный газ, занимавший объем  $V$  при давлении  $P$ , расширился изотермически до  $2V$ . После этого, охлаждая газ изохорически, уменьшили его давление до  $P/4$ . Далее газ изобарически расширили до  $4V$ . Найдите работу, совершенную газом. Начертите графики этих процессов в координатах  $(P, V)$ .
6. Найти в координатах  $(V, T)$  уравнение процесса для идеального газа, при котором молярная теплоемкость изменяется по закону  $C = C_0 + \alpha T$ , где  $\alpha$  – некоторая постоянная.
7. Кислород массой  $m$  при давлении  $p$  занимал объем  $V$ . Газ был сначала нагрет при постоянном давлении так, что объем увеличился в  $\alpha$  раз. Затем при постоянном объеме был нагрет еще так, что давление увеличилось в  $\beta$  раз. Найдите изменение внутренней энергии кислорода, совершенную им работу и количество теплоты, переданное ему, считая газ идеальным.
8. Идеальный газ с показателем адиабаты  $\gamma$  совершает прямой цикл, состоящий из адиабаты, изобары и изохоры. Найти КПД цикла, если при адиабатическом процессе объем идеального газа увеличивается в  $\alpha$  раз.
9. Теплоизолированный сосуд разделен перегородкой пополам. С одной стороны – идеальный газ в количестве 1 моль при температуре  $T$ , с другой стороны – вакуум. Перегородку удалили, а затем газ изотермически сжали до прежнего объема. Определите изменение энтропии газа.
10. Моль кислорода, занимавшего объем  $V_1$  при температуре  $T_1$ , изотермически расширили до объема  $V_2$ . Считая, что кислород является газом Ван-дер-Ваальса, найдите приращение внутренней энергии и работу газа.

11. Найдите работу газа за цикл, состоящий из изотермы, политропы и адиабаты. Известно, что на политропе 2-3 теплоемкость равна  $C$ , а температуры на изотерме  $T_1$ , в состоянии 3  $T_3$ .



12. В двух сосудах одного и того же объема находятся различные идеальные газы. Масса газа в первом сосуде  $m_1$ , во втором  $m_2$ , давления газов и температуры их одинаковы. Сосуды соединили друг с другом, и начался процесс диффузии. Определить суммарное изменение  $\Delta S$  энтропии рассматриваемой системы, если молярная масса первого газа  $M_1$ , а второго  $M_2$ .

13. Какое количество тепла надо сообщить  $\nu=3,0$  моль углекислого газа, чтобы при расширении в вакуум от объема  $V_1=5,0$  л до  $V_2=10$  л температура его не изменилась? Газ считать ван-дер-ваальсовским.

14. Определить момент инерции медного диска радиусом 5 см, в котором сделаны два выреза в виде кругов радиусами 2 см; центры вырезов находятся на прямой, проходящей сквозь центр диска на расстоянии 2,5 см от него. Толщина диска 0,1 см. Ось перпендикулярна к плоскости диска и проходит сквозь его центр. Плотность меди взять из таблиц.

15. Однородный диск массой  $m$  вращается с угловой скоростью  $\omega_0$ . В момент времени  $t=0$  к ободу диска начинают прижимать тормозную колодку с силой, зависящей от времени по закону  $F = \alpha t$ , где  $\alpha = \text{const} > 0$ . Сколько оборотов сделает диск до того, как он остановится, если коэффициент трения между ним и колодкой равен  $k$ ?

16. Однородный стержень длиной  $L$  может вращаться без трения в вертикальной плоскости вокруг оси, проходящей через одну из его точек. Стержень отклоняют на угол  $\alpha$  от вертикали и без начальной скорости отпускают. На каком расстоянии  $b$  от центра инерции стержня должна находиться ось, чтобы в момент прохождения стержнем вертикали его угловая скорость была наибольшей?

### Критерии оценивания (оценочное средство - Аудиторная контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками.

Оценка	Критерии оценивания
	Выполнены все задания но не в полном объеме. /Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами./Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
не зачтено	При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

1. Шар скатывается без проскальзывания с наклонной плоскости.

1. Найдите ускорение шара и силу трения, действующую на него. Масса шара  $M$ , угол наклона  $\alpha$ .

2. Платформа в форме диска радиусом  $R$  вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью  $\omega_1$ . На краю платформы стоит человек. С какой скоростью  $\omega_2$  будет вращаться платформа, если человек перейдет в точку платформы, находящуюся на расстоянии  $R/2$  от центра? Масса платформы  $M$ , масса человека  $m$ .

3. Легкая нить с прикрепленным к ней грузом массой  $m$  плотно намотана на сплошной цилиндр радиусом  $R$  и массой  $M$ . Цилиндр может вращаться вокруг неподвижной оси. Найти: а) ускорение груза; б) кинетическую энергию системы после  $t$  секунд после начала движения.

4. Платформа в виде сплошного диска радиусом  $R$  и массой  $M$

вращается по инерции около вертикальной оси с угловой скоростью  $\omega$ . В центре платформы стоит человек массой  $m$ . Какую линейную скорость относительно пола будет иметь человек, если он перейдет на край платформы? Трения между осью вращения и подшипниками нет.

Вопросы:

1. Кинематика плоского движение твердого тела. Мгновенная ось.
2. Способы расчета момента инерции твердого тела. Вычисление момента инерции твердого тела (по указанию преподавателя) 2 способами.
3. Теорема Гюйгенса – Штейнера.
4. Уравнение моментов для твердого тела относительно неподвижного начала и неподвижной оси.
5. Уравнение моментов относительно движущегося начала и движущейся оси.
6. Закон сохранения момента количества движения.
7. Физический маятник.
8. Трение качения. Динамическое условие качения без проскальзывания.

9. Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси, и тела, совершающего плоское движение.
10. Свободные оси (оси свободного вращения). Свободное вращение твердого тела
11. Свободный гироскоп. Прецессия гироскопа. Гироскопические силы.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Коллоквиум)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от

Оценка	Критерии оценивания
	ответа

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

**5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

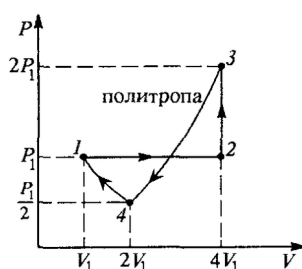
**5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1**

1. Шар скатывается без проскальзывания с наклонной плоскости. Найдите ускорение шара и силу трения, действующую на него. Масса шара  $M$ , угол наклона  $\alpha$ .

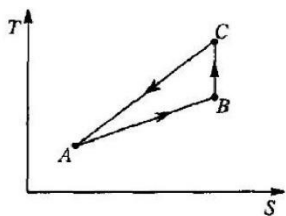
2. Платформа в форме диска радиусом  $R$  вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью  $\omega_1$ . На краю платформы стоит человек. С какой скоростью  $\omega_2$  будет вращаться платформа, если человек перейдет в точку платформы, находящуюся на расстоянии  $R/2$  от центра? Масса платформы  $M$ , масса человека  $m$ .

3. Для идеального газа с показателем адиабаты  $\gamma$  найти уравнение процесса, при котором молярная теплоемкость зависит от температуры по закону  $C = \beta T^2$ , где  $\beta$  – const.

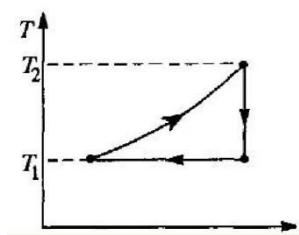
4. Какое количество тепла надо сообщить 1 молю азота, чтобы при расширении от объема  $V_1$  до  $V_2$  температура  $T$  его не изменилась? Газ считать ван-дер-ваальсовским, постоянные  $a$  и  $b$  – известными.
5. Вращающийся с угловой скоростью  $\omega_0$  цилиндр радиуса  $R$  ставят без начальной скорости у основания наклонной плоскости, образующей угол  $\alpha$  с горизонтальной поверхностью, и он начинает вкатываться вверх. Коэффициент трения равен  $k$ . Найти время  $\tau$ , в течение которого движение происходит с проскальзыванием. На какой высоте движение перейдет в чистое качение (без проскальзывания)?
6. Идеальный газ с показателем адиабаты  $\gamma$  в количестве 1 моль совершает обратимый циклический процесс, изображенный на рисунке. Все процессы – политропические, в том числе 4-1 – изотермический процесс. Найдите КПД этого цикла и приращение энтропии в каждом процессе.



7. В координатах  $(T, S)$  цикл изображается треугольником  $ABC$ , у которого сторона  $BC$  является адиабатой. Температуры вершин треугольника равны  $T_A$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  соответственно. Над рабочим телом совершена внешняя работа  $A$ . Вычислить количество тепла, отданное холодильнику, т.е. на участке  $CA$ .

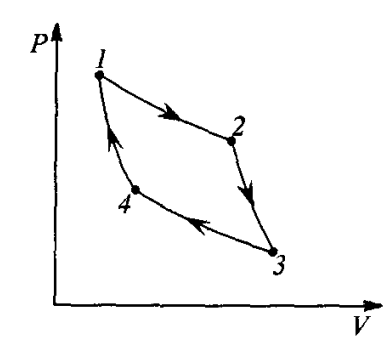


8. Найти КПД цикла, изображенного на рисунке. Все процессы политропические,  $T_2 = 2T_1$ . Уравнение состояния рабочего вещества не задано.

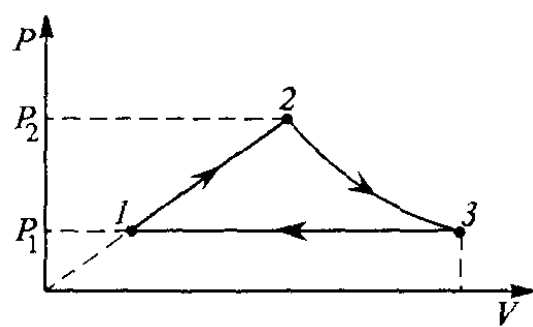


- 9.

Обратимый термодинамический цикл, выполняемый с молем идеального газа в качестве рабочего вещества, состоит из двух изотермических процессов 1-2, 3-4 и двух политропических процессов 2-3, 4-1 с теплоемкостью газа  $C_0$ . Найти работы, совершаемые газом, и количества получаемого им тепла на всех этапах цикла. Найти КПД тепловой машины, работающей по этому циклу.



Вычислить КПД цикла, состоящего из политропы 1-2 ( $P \sim V$ ), адиабаты 2-3 и изобары 3-1, если в качестве рабочего вещества используется одноатомный идеальный газ, а отношение максимального давления в цикле к минимальному  $P_2/P_1 = 2$ .



Лед массой 2 кг, находящийся при температуре  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , нагрели и превратили в пар. Определить изменение энтропии

Струя водяного пара при температуре  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , направленная на глыбу льда, масса которой 5 кг и температура  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  растопила ее и нагрела получившуюся воду до температуры  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Найти массу израсходованного пара и изменение энтропии при описанных процессах.

Рассмотрев цикл Карно для системы, состоящей из жидкости и ее насыщенного пара, и применив к нему теорему Карно, выразить производную давления насыщенного пара по температуре  $dP/dT$  через удельные объемы пара и жидкости  $v_{\text{п}}$ ,  $v_{\text{ж}}$  и удельную теплоту парообразования  $q$ .

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Продемонстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов Продемонстрирован

Оценка	Критерии оценивания
	творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами
удовлетворительно	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
неудовлетворительно	ри решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Кинематика плоского движение твердого тела. Мгновенная ось.
2. Способы расчета момента инерции твердого тела. Вычисление момента инерции твердого тела (по указанию преподавателя) 2-мя способами.
3. Теорема Гюйгенса – Штейнера.
4. Уравнение моментов для твердого тела относительно неподвижного начала и неподвижной оси.
5. Уравнение моментов относительно движущегося начала и движущейся оси.
6. Закон сохранения момента количества движения.
7. Физический маятник.
8. Трение качения. Динамическое условие качения без проскальзывания.

9. Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси, и тела, совершающего плоское движение.
10. Свободные оси (оси свободного вращения). Свободное вращение твердого тела
11. Свободный гироскоп. Прецессия гироскопа. Гироскопические силы.
12. Внутренняя энергия. Количество теплоты. Первое начало термодинамики.
13. Работа в термодинамике. Работа изотермического процесса, адиабаты, политропы.
14. Идеальный газ, элементарная теория. Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы.
15. Теплоемкость. Молярная теплоемкость идеального газа. Уравнение Майера.
16. Адиабата идеального газа. Уравнение Пуассона.
17. Политропические процессы с идеальным газом. Уравнение политропы.
18. Теплоемкость политропы идеального газа. Процессы с отрицательной теплоемкостью.
19. Второе начало термодинамики. Тепловые машины.
20. Цикл Карно и теорема Карно.
21. Термодинамическая шкала температур. Тождественность термодинамической и идеально-газовой температурных шкал.
22. Неравенство и равенство Клаузиуса.
23. Энтропия как функция состояния системы. Энтропия идеального газа. Свойства энтропии.
24. Закон возрастания энтропии. Расширение газа в вакуум. Парадокс Гиббса.
25. Газ Ван-дер-Ваальса. Уравнение состояния.
26. Внутренняя энергия и работа для газа Ван-дер-Ваальса.
27. Изотерма газа Ван-дер-Ваальса. Критические параметры.
28. Изотермы реального газа. Фазовые превращения.
29. Основные положения МКТ газов. Давление идеального газа.
30. Скорости теплового движения молекул газа. Опыт Штерна.
31. Молекулярно-кинетическая трактовка температуры. Равнораспределение энергии по степеням свободы.
32. Распределение проекций скоростей молекул газа  $\varphi(v_x)$ .
33. Распределение Максвелла молекул по скоростям. Наиболее вероятная, средняя и средняя квадратичная скорости.
34. Барометрическая формула. Распределение Больцмана.
35. Статистическая трактовка энтропии.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.

Оценка	Критерии оценивания
	Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Сивухин Дмитрий Васильевич. Общий курс физики : Учебное пособие для вузов: В 5 томах Том 2: Термодинамика и молекулярная физика. - 6-е изд. - Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2014. - 544 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-9221-1514-8., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=621747&idb=0>.
2. Иродов И.Е. Физика макросистем. Основные законы : учебное пособие / Иродов И.Е. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 210 с. - ISBN 978-5-00101-826-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=735524&idb=0>.
3. Матвеев Алексей Николаевич. Молекулярная физика : [учеб. для физ. специальностей вузов]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1987. - 360 с. : ил. - 1.30., 29 экз.
4. Иродов И. Е. Задачи по общей физике : учебное пособие для вузов / Иродов И. Е. - 18-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 420 с. - Рекомендовано Научно-методическим советом по физике Министерства образования и науки Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по естественнонаучным, педагогическим и техническим направлениям и специальностям. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции Лань - Физика. - ISBN 978-5-8114-6779-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729582&idb=0>.
5. Сборник задач по общему курсу физики. Книга II. Термодинамика и молекулярная физика / Гинзбург В.Л., Левин Л.М., Сивухин Д.В., Яковлев И.А. - Москва : Физматлит, 2006., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=645676&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Аксенова Е. Н. Общая физика. Термодинамика и молекулярная физика (главы курса) / Аксенова Е. Н. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 72 с. - Книга из коллекции Лань - Физика. - ISBN 978-5-8114-2912-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?>

Action=FindDocs&ids=800324&idb=0.

2. Фейнман Р. П. Статистическая механика : курс лекций / пер. с англ. Н. М. Плакиды и Ю. Г. Рудого ; под ред. Д. Н. Зубарева. - 2-е изд. - М. : Мир, 1978. - 407 с. : ил. - 24.00., 7 экз.

3. Сборник вопросов и задач по общей физике. Раздел 5. Молекулярная физика / Казанцева А.Б., Соина Н.В., Гольцман Г.Н. - Москва : Прометей, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=641337&idb=0>.

4. Савельев И. В. Сборник вопросов и задач по общей физике / Савельев И. В. - 10-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 292 с. - Допущено НМС по физике Министерства образования и науки Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлениям 510000 «Естественные науки и математика», 540000 «Педагогические науки», 550000 «Технические науки». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции Лань - Физика. - ISBN 978-5-8114-9199-5., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=782233&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://www.phys.unn.ru/methodological/>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, специализированным оборудованием: оборудование для демонстраций физических явлений и законов

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 09.03.02 - Информационные системы и технологии.

Автор(ы): Лебедева Ольга Васильевна, доктор педагогических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Чупрунов Евгений Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 09.01.2024, протокол № б/н.