

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕРМОДИНАМИКА

Направление/специальность подготовки	11.03.01 Радиотехника
Специализация/профиль/программа подготовки	Радиоэлектронные системы
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
2	4	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**11.03.01 Радиотехника**

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ  
Ценёва София Николаевна, старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕРМОДИНАМИКА**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 — Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-1**

*знания:*

- основных законов термодинамики;
- методов математического моделирования тепловых процессов
- принципов энергетического баланса и эффективности работы устройств;

*умения:*

- применять законы термодинамики для анализа тепловых режимов
- использовать математический аппарат для расчета тепловых процессов
- оценивать энергетические потери и КПД;

*навыки:*

- расчета тепловых потоков и температурных полей в элементах
- выбора методов охлаждения для обеспечения стабильной работы аппаратуры
- использование специализированного программного обеспечения для моделирования тепловых процессов и оптимизации систем охлаждения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕРМОДИНАМИКА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *11.03.01 Радиотехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ХИМИЯ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **НАДЕЖНОСТЬ, МЕТРОЛОГИЯ И РАДИОИЗМЕРЕНИЯ, НАДЕЖНОСТЬ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН, ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ И ЛАЗЕРНЫХ ПРИБОРОВ, РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ И РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
- ОПК-2 — Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-1
2	4	<b>Раздел 1. Основные понятия и определения.</b> 1. Предмет и задачи технической термодинамики 2. ТДС и окружающая среда 3. Термодинамические параметры состояния и процессы 4. Уравнение состояния 5. Функции состояния 6. Теплота и работа как формы передачи энергии.	29	15	9	6	14	25
2	4	<b>Раздел 2. Первый закон термодинамики.</b> 1. Формулировка первого закона термодинамики 2. Анализ основных термодинамических процессов идеального газа 3. Применение первого закона термодинамики к техническим устройствам.	17	7	3	4	10	25
2	4	<b>Раздел 3. Теплоемкость газов. Энтропия.</b> 1. Основные определения 2. Удельная (массовая), объемная и молярная теплоемкости 3. Аналитические выражения для теплоемкостей $C_p$ и $C_v$ 4. Истинная и средняя теплоемкости 5. Отношения теплоемкостей 6. Теплоемкость смесей идеальных газов 7. Энтропия 8. Тепловая T-s диаграмма.	26	12	8	4	14	25
2	4	<b>Раздел 4. Второй закон термодинамики.</b> 1. Формулировки второго закона термодинамики 2. Обратимые и необратимые процессы 3. Цикл Карно 4. Энтропия 5. Второй закон термодинамики для открытых систем.	25	13	10	3	12	25
2	4	<b>Раздел 5. Реальные газы.</b> 1. Отклонения свойств реальных газов от свойств идеальных газов 2. Уравнения состояния реальных газов.	11	4	4	0	7	0
<b>Всего за 4 семестр</b>			108	51	34	17	57	100
<b>Всего по дисциплине</b>			108	51	34	17	57	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные понятия и определения.	Задачи технической термодинамики	1
2		Параметры состояния	1
3		Уравнение состояния	4
4	Раздел 2. Первый закон термодинамики.	Примеры решения задач на процессы	4
5	Раздел 3. Теплоемкость газов. Энтропия.	Примеры решения задач по расчету теплоемкости	4
6	Раздел 4. Второй закон термодинамики.	Примеры решения задач по процессам	3
<b>Всего за 4 семестр</b>			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные понятия и определения.	Основные понятия и определения	14
2	Раздел 2. Первый закон термодинамики.	Первый закон термодинамики	10
3	Раздел 3. Теплоемкость газов. Энтропия.	Теплоемкость	14
4	Раздел 4. Второй закон термодинамики.	Второй закон термодинамики. Циклы	12
5	Раздел 5. Реальные газы.	Реальные газы	7
<b>Всего за 4 семестр</b>			57

### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4	ТекК	ТекК			ТекК	ДР			ТекК	ДР		ТекК			Контр.Р.	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Контр.Р. – контрольная работа.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача. М.: Высшая школа, 1980, 74 экз.
2. Г. В. Белов. . Термодинамика. Москва: Юрайт, 2023, эл. рес.
3. Г. В. Белов. . Термодинамика. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
4. Н. М. Цирельман. . Техническая термодинамика. Санкт-Петербург: Лань, 2021, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

- 1.

## Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

## 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Интерактивная доска.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.



### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТЕРМОДИНАМИКА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *11.03.01 Радиотехника*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением основных законов термодинамики, их применением в радиоэлектронных системах, тепловыми процессами в радиоэлектронной аппаратуре, а также энергоэффективности радиотехнических устройств. Дисциплина обеспечивает теоретическую и практическую подготовку для решения задач теплового проектирования и обеспечения надежности радиоэлектронных систем.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Основные понятия и определения.</b>		
Основные понятия и определения	Г. В. Белов. . Термодинамика: Москва: Юрайт, 2023 (1-2) В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Высшая школа, 1980 (1-3)	14
Итого по разделу 1		14
<b>Раздел 2. Первый закон термодинамики.</b>		
Первый закон термодинамики	Г. В. Белов. . Термодинамика: Москва: Юрайт, 2020 (3) В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Высшая школа, 1980 (5)	10
Итого по разделу 2		10
<b>Раздел 3. Теплоемкость газов. Энтропия.</b>		
Теплоемкость	В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Высшая школа, 1980 (6) Н. М. Цирельман. . Техническая термодинамика: Санкт-Петербург: Лань, 2021 (4)	14
Итого по разделу 3		14
<b>Раздел 4. Второй закон термодинамики.</b>		
Второй закон термодинамики. Циклы	В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Высшая школа, 1980 (7-8) Н. М. Цирельман. . Техническая термодинамика: Санкт-Петербург: Лань, 2021 (2,8)	12
Итого по разделу 4		12
<b>Раздел 5. Реальные газы.</b>		
Реальные газы	В. В. Нащокин. . Техническая термодинамика и теплопередача: М.: Высшая школа, 1980 (4) Н. М. Цирельман. . Техническая термодинамика: Санкт-Петербург: Лань, 2021 (11) Н. М. Цирельман. . Техническая термодинамика: Санкт-Петербург: Лань, 2021 (7)	7
Итого по разделу 5		7

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- контрольная работа;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы для текущего контроля

Вопросы предназначены для контроля текущей успеваемости студентов и их самоконтроля.

Перечень вопросов по разделу соответствует перечню вопросов к экзамену в части, касающейся тематики конкретного раздела

#### Контрольная работа

Проводится письменно с использованием индивидуального конспекта лекций обучающегося, а также конспекта ПЗ.

Задачи для выполнения контрольной работы формируются на основе перечня тем, который приведен в УМК дисциплины.

Контрольная работа состоит из 3 блоков: 1 - базовые задачи (3 задачи. Каждая оценивается по 4 балла); 2 - теория (3 вопроса. Каждая оценивается по 2 балла); 3 - дополнительные (2 задачи. Каждая оценивается по 6 баллов).

Для оценки "Отлично" необходимо не менее 30 баллов.

Для оценки "Хорошо" необходимо более 20 баллов.

Для оценки "Удовлетворительно" не менее 5 баллов

#### Экзамен

Допуск к экзамену осуществляется при выполнении Контрольной работы.

Экзамен по дисциплине проходит в форме опроса по билетам, которые включают в себя 3 теоретических вопроса. Перечень вопросов для экзамена соответствует перечню вопросов к пройденным разделам.

При необходимости, преподаватель задает дополнительные вопросы, формируемые на основе вопросов для текущего контроля и вопросов по практическим занятиям.

Оценка "отлично" ставится при правильном ответе на три вопроса билета и на дополнительные вопросы преподавателя.

Оценка "хорошо" ставится при наличии неточного ответа на один из вопросов билета и более 60% правильных ответов на дополнительные вопросы.

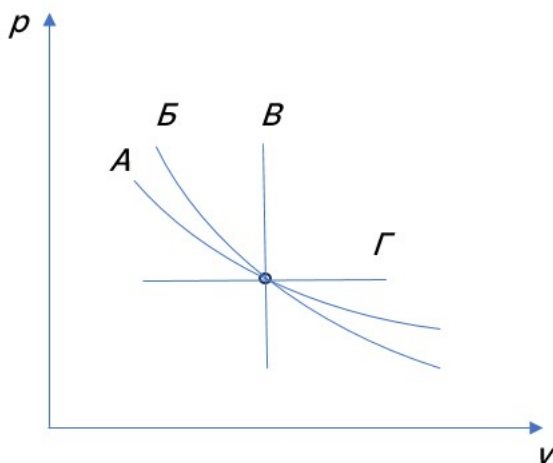
Оценка "удовлетворительно" ставится при наличии неточных ответов на два вопроса билета и более 50% правильных ответов на дополнительные вопросы.

Оценка "неудовлетворительно" ставится при неточных ответах на все вопросы билета.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-1	
2	4	Раздел 1. Основные понятия и определения.	29	15	9	6	14	25	Вопросы для текущего контроля
2	4	Раздел 2. Первый закон термодинамики.	17	7	3	4	10	25	Вопросы для текущего контроля
2	4	Раздел 3. Теплоемкость газов. Энтропия.	26	12	8	4	14	25	Вопросы для текущего контроля
2	4	Раздел 4. Второй закон термодинамики.	25	13	10	3	12	25	Вопросы для текущего контроля
2	4	Раздел 5. Реальные газы.	11	4	4	0	7	0	Контрольная работа, Вопросы для текущего контроля
Всего за 4 семестр			108	51	34	17	57	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	

**ОПК-1 - Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности**

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Дайте определение процессу кипения
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
От чего зависит массовый секундный расход?
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Что характеризует первое начало термодинамики?  
1. Необратимость тепловых процессов  
2. Сохранение энергии в термодинамической системе  
3. Рост энтропии в изолированной системе  
4. Равновесное состояние системы
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой цикл является наиболее эффективным для идеальной тепловой машины?  
1. Цикл Отто  
2. Цикл Дизеля  
3. Цикл Карно  
4. Цикл Брайтона
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какое из перечисленных утверждений правильно описывает изохорный процесс?  
1. Процесс при постоянном давлении  
2. Процесс при постоянном объеме  
3. Процесс без теплообмена с окружающей средой  
4. Процесс с постоянной температурой
- № 6 Прочитайте текст и установите соответствие  
На рисунке показаны термодинамические процессы. Соотносите процесс и букву, указанную на графике.  
1. Адиабатный  
2. Изохорный  
3. Изотермический



- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность  
**Расположите в хронологическом порядке этапы закипания воды в чайнике:**  
1. Появление первых пузырьков на дне  
2. Массовый подъем пузырей к поверхности  
3. Характерный шум перед закипанием  
4. Бурное кипение по всему объему  
5. Постепенное затихание шума
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие из следующих утверждений верны для первого начала термодинамики?  
1. Изменение внутренней энергии системы равно сумме полученной теплоты и совершенной работы  
2. В изолированной системе внутренняя энергия остается постоянной  
3. Невозможно создать вечный двигатель первого рода  
4. Энтропия изолированной системы всегда возрастает

- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие из перечисленных процессов являются обратимыми в термодинамическом смысле?
1. Изотермическое расширение идеального газа
  2. Свободное расширение газа в вакуум
  3. Медленное адиабатическое сжатие газа
  4. Диффузия газов
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие из следующих утверждений справедливы для адиабатного процесса в идеальном газе?
1. Температура газа всегда уменьшается
  2. Изменение внутренней энергии равно совершенной работе ( $\Delta U = -A$ )
  3. Давление и объем связаны с соотношением  $PV^k = \text{const}$
  4. Энтропия системы остается постоянной
- № 11 Прочитайте текст и установите последовательность  
**Этапы вывода уравнения состояния идеального газа:**
1. Получение уравнения Клапейрона-Менделеева
  2. Экспериментальные газовые законы
  3. Введение универсальной газовой постоянной
  4. Гипотеза Авогадро
- № 12 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите тип давления соответствующего прибора
1. Разрежения
  2. Абсолютного
  3. Избыточного
- А) Барометры применяют для измерения давления  
Б) Манометры применяют для измерения давления  
В) Вакуумметры применяют для измерения давления  
Г) Тонометры применяют для измерения давления