

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ

Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Институт физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института физики,  
д.ф.-м.н., профессор

С.Б. Вениг

2023 г.



Рабочая программа дисциплины  
**Термодинамика**

Направление подготовки бакалавриата  
11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Профиль подготовки бакалавриата  
«Микро- и наноэлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем»

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
Очная

Саратов,  
2023

| Статус                         | ФИО            | Подпись | Дата     |
|--------------------------------|----------------|---------|----------|
| Преподаватель-разработчик      | Усанов А.Д.    | УУ      | 07.06.23 |
| Председатель НМК               | Скрипаль Ан.В. | АС      | 07.06.23 |
| Заведующий кафедрой            | Скрипаль Ан.В. | АС      | 07.06.23 |
| Специалист Учебного управления |                |         |          |

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Термодинамика» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний и умений (владений) для того, чтобы анализировать полученные экспериментальные и теоретические результаты, находить недостающие величины, устанавливать связь между разнообразными фактами и явлениями и, используя методы термодинамики, делать правильные выводы и отвечать на многочисленные вопросы научного и производственного характера.

Задачами изучения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний о природе теплоты как меры движения материи, о силах, связанных с теплотой, о всеобщем значении закона сохранения и превращения энергии, о самопроизвольных процессах и взаимопревращениях веществ;
- формирование умений теоретически исследовать данный конкретный процесс, самостоятельно ставить и решать задачи, проводить анализ имеющейся информации, планировать и проводить мысленные эксперименты и делать выводы;
- формирование владений основными методами термодинамики, а также навыками определения термодинамических параметров и характеристических функций.
- формирование владения навыками решения конкретных задач статистической физики с последующим анализом и оценкой полученных результатов.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Термодинамика» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» и изучается студентами очной формы обучения Института физики СГУ, проходящими подготовку по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроники» и профилю «Микро- и наноэлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем», в течение 4 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на знания, приобретенные студентами ранее при изучении математики, физики, а также подготавливает студентов к освоению и более глубокому пониманию в том же или последующих семестрах таких дисциплин как, «Физико-химические основы технологии электроники и наноэлектроники», «Технология материалов и структур электроники» «Физические основы твердотельной электроники», «Микроэлектроника и наноэлектроника» и подготавливает к прохождению производственной технологической практики и выполнению выпускной квалификационной работы.

### 3. Результаты обучения по дисциплине

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции   | Результаты обучения   |
|--|--|---|
| <p><b>ОПК-1.</b> Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</p> | <p><b>1.1 Б.ОПК-1.</b> Понимает важность применения фундаментальных законов природы и основных физических и математических законов.</p> <p><b>2.1 Б.ОПК-1.</b> Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.</p> <p><b>3.1 Б.ОПК-1.</b> Использует знания физики и математики при решении конкретных задач инженерной деятельности.</p> | <p><b>Знать</b> пределы применимости термодинамики, классификации термодинамических параметров, размерности и порядки основных термодинамических констант, понятия и постулаты термодинамики, основные законы термодинамики и их следствия, основные характеристические функции и условия равновесия.</p> <p><b>Уметь</b> самостоятельно ставить и решать многочисленные термодинамические задачи, касающиеся конкретных состояний макросистем и процессов, протекающих в этих системах, уметь получать термические и калорические уравнения состояния, проводить предварительный анализ имеющейся информации, находить недостающую информацию в справочной литературе или получать ее самостоятельно, уметь из общих положений получать частные соотношения, планировать и проводить мысленно эксперименты, анализировать и обобщать полученные результаты, а также делать выводы.</p> <p><b>Владеть</b> методами и навыками обработки, анализа и систематизации экспериментальных термодинамических данных, методами получения основных термодинамических параметров, владеть основными методами термодинамики: методом характеристических функций и круговых процессов</p> |

#### 4. Структура и содержание дисциплины «Термодинамика»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

| №<br>п/п | Раздел<br>дисциплины                                       | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая<br>самостоятельную работу студентов<br>и трудоемкость (в часах) |                           |  |    |     | Формы<br>текущего<br>контроля<br>успеваемости<br>(по неделям<br>семестра)<br><br>Формы<br>промежуточной<br>аттестации (по<br>семестрам) |
|----------|--|---------|-----------------|--|---------------------------|--|----|-----|---|
|          |  |         |                 | Лек  | Лабораторные              |  | Пр | СРС |   |
|          |  |         |                 |  | Общая<br>трудоем<br>кость | Из них –<br>практиче<br>ская<br>подготов<br>ка |    |     |   |
| 1.       | Основные понятия и постулаты термодинамики                 | 4       | 1-2             | 2  |                           |  | 4  | 3   | Решение задач, ответы на контрольные вопросы  |
| 2        | Процессы в термодинамических системах. Уравнения состояния | 4       | 3-4             | 2  |                           |  | 4  | 3   | Тренинг по математике   |
| 3        | Первое начало термодинамики                                | 4       | 5-6             | 2  |                           |  | 4  | 3   | Вызывная консультация для неуспевающих студентов  |
| 4        | Математические преобразования Первого начала термодинамики | 4       | 7-8             | 2  |                           |  | 4  | 3   | Контрольная работа  |
| 5        | Второе начало термодинамики. Метод циклов                  | 4       | 9-10            | 2  |                           |  | 4  | 3   | Обсуждения результатов контрольной работы   |
| 6        | Применение второго закона термодинамики.                   | 4       | 11-12           | 2  |                           |  | 4  | 3   | Дискуссии. Обсуждение понятия энтропия  |

|   |  |          |       |           |          |          |           |           |   |
|---|--|----------|-------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|---|
|   | Метод<br>характеристических<br>функций       |          |       |           |          |          |           |           | и парадокса<br>Гиббса   |
| 7 | Тепловая теорема<br>Нернста                  | 4        | 13-14 | 2         |          |          | 4         | 3         | Проверка уровня<br>понимания<br>основных начал<br>термодинамики                             |
| 8 | Условия равновесия                           | 4        | 15-16 | 2         |          |          | 4         | 3         | Решение задач<br>одновременно<br>несколькими<br>способами.<br>Ответы на<br>вопросы по курсу |
|   | <b>Итого:</b>                                | <b>4</b> |       | <b>16</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>32</b> | <b>24</b> |   |
|   | <b>Промежуточная<br/>аттестация</b>          | <b>4</b> |       |           |          |          |           |           | <b>Зачёт</b>  |
|   | <b>Общая<br/>трудоемкость<br/>дисциплины</b> |          |       | 72        |          |          |           |           |   |

### Содержание дисциплины

#### 1. Основные понятия и постулаты термодинамики

- Термодинамика и ее место в системе наук.
- Основные задачи термодинамики.
- Термодинамика и статистическая термодинамика. Объект изучения и методы исследования.
- Особенности термодинамического метода исследований.
- Макросистема и макропараметры. Микроструктура и микропараметры.
- Внутренние параметры системы. Зависимость их значений от движения и положения частиц системы и входящих в них зарядов.
- Внешние параметры. Их зависимость от расположения внешних тел, от положения источников поля, не входящих в систему.
- Интенсивные внутренние параметры. Их независимость от массы или числа частиц в системе.
- Стационарное состояние.
- Состояние термодинамического равновесия.
- Термодинамические системы. Классификация.
- Понятие «система» в применении к биологическим объектам. Неотделимость свойств элементов системы от свойств всего коллектива. Единство организма и среды. Балансы между живыми организмами различных видов и неживой природой. Возможные идеализации.
- Состояние теплового равновесия изолированной системы.
- Основной постулат термодинамики (о равновесии).
- Принцип транзитивности термодинамического равновесия. Равновесие двух систем.
- Температура как особая функция равновесной системы.
- Равновесные внутренние параметры – функции внешних параметров и температуры.
- Абсолютная температура и газовая постоянная. Термометры.

## 2. Процессы в термодинамических системах. Уравнения состояния

- Релаксация. Время релаксации.
- Равновесный (квазистатический, обратимый) процесс.
- Неравновесный (необратимый) процесс.
- Основные термодинамические процессы.
- Простые и сложные системы.
- Калорическое уравнение состояния.
- Термические уравнения состояния. Уравнение состояния с вириальными коэффициентами. Приведенное уравнение состояния.
- Термические коэффициенты расширения, сжатия, давления. Связь термических коэффициентов. Термодинамические коэффициенты.

## 3. Первое начало термодинамики

- Энергия, работа, теплота. Работа равновесного и неравновесного процессов.
- Энергетическая эквивалентность теплоты и работы. Соотношение Майера. Механический эквивалент теплоты.
- Различные формулировки первого начала термодинамики.
- Внутренняя энергия – характеристическая функция состояния термодинамической системы.
- Два способа изменения внутренней энергии.
- Следствия первого начала термодинамики.
- Закон Гесса. Тепловой эффект реакции. Экзотермические и эндотермические реакции.
- Уравнение Кирхгофа. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры.
- Вычисление тепловых эффектов реакции с использованием справочных данных.
- Применение первого начала термодинамики к живым организмам. Обмен веществ в живых организмах. Энергетический обмен. Калорический эквивалент белков, жиров, углеводов. Законы биоэнергетики.
- Прямая и непрямая калориметрии. Калорический коэффициент кислорода. Дыхательный коэффициент. Связь между дыхательным и калорическим коэффициентами.

## 4. Математические преобразования первого начала термодинамики

- Калорические свойства системы.
- Теплоемкости.
- Скрытые теплоты.
- I начало термодинамики для простой системы.
- Формулировка I начала для сложной системы.
- Связь калорических свойств системы с термическими.
- Политропный процесс. Дифференциальные уравнения политропы. Показатель политропы. Уравнения политропы идеального газа.
- Адиабатный процесс. Уравнения адиабаты.
- Показатели политропы и теплоемкости для изотермы, изобары и изохоры идеального газа.
- Гомогенные и гетерогенные процессы.
- Фазы и компоненты.
- I начало термодинамики для гомогенных многокомпонентных систем с переменным числом частиц.
- Химический потенциал.
- Соотношение Гиббса – Дюгема.

## 5. Второе начало термодинамики. Метод циклов

- Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Равновесные процессы.
- Различные формулировки второго начала термодинамики.
- Энтропия.
- Статистический смысл энтропии.

- Истолкование энтропии в биосистемах.
- Цикл Карно. Теоремы Карно. Пути повышения КПД цикла Карно.
- Некоторые известные циклы.
- Метод термодинамических циклов. Применение метода циклов для нахождения зависимости давления насыщенного пара от температуры.
- Оценка эффективности процесса переноса энергии в метаболических процессах. Коэффициент эффективности процесса и требования разумности скорости обмена веществ.
- Основное уравнение термодинамики для равновесных процессов.
- Формулы Кирхгофа. Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния.
- Вычисление энтропии простой системы. Получение уравнения адиабаты. Нахождение калорического уравнения. Определение наклона кривых изо процессов на диаграммах с различными координатами.
- Изменение энтропии обратимого политропического процесса расширения идеального газа (адиабатного процесса, изотермического процесса, изобарного процесса).
- Энтропия смешивания различных идеальных газов.
- Энтропия фазового перехода.

## **6. Применение второго начала термодинамики. Метод характеристических функций**

- Применение II закона к изолированной системе. Критерий равновесия и самопроизвольности процесса.
- Применение II закона к неизолированным системам, поддерживаемым при постоянной температуре. Изохорно-изотермический потенциал и изобарно-изотермический потенциал. Критерий равновесия и направления самопроизвольного процесса.
- Определение и построение характеристических функций. Преобразование Лежандра.
- Уравнения Максвелла.
- Связь между теплоемкостями, коэффициентом теплового расширения и изотермическим коэффициентом сжатия.
- Связь между изотермическим и адиабатическим коэффициентами сжатия.
- Физический смысл изменения характеристических функций.
- Аддитивность характеристических функций.
- Химический потенциал.
- Потенциалы Массье и Планка.
- Уравнения Гиббса-Гельмгольца.

## **7. Тепловая теорема Нернста**

- Тепловая теорема Нернста. Следствия тепловой теоремы.
- Применение III начала к определению химического сродства.
- Связь между тепловым эффектом реакции и максимальной работой. Геометрическая интерпретация. Поведение термических коэффициентов и теплоемкостей при  $T \rightarrow 0$  К.
- Постулат Планка. Остаточная энтропия.
- Абсолютные энтропии. Расчет энтропии веществ с помощью справочных данных.

## **8. Условия равновесия в термодинамике**

- Общие условия равновесия. Условия химического равновесия.
- Условия устойчивого равновесия.
- Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы.
- Условия равновесия для гетерогенной многокомпонентной системы.
- Правило фаз Гиббса.
- Формулировка условия равновесия для смеси идеальных газов методом потенциала Планка.
- Закон действующих масс в термодинамике (получить для равновесных концентраций, выраженных через равновесные мольные доли, через равновесные парциальные давления).

- Зависимость  $K_x$  от  $T$  и  $P$ . Интерполяционная форма.
- Способы задания концентраций. Связь  $K_p$  с  $K_x$  и  $K_c$ . Особенность  $K_p$  и  $K_c$ .
- Химическое сродство.
- Формулировка условия равновесия методом круговых процессов. Вывод уравнения изотермы реакции методом круговых процессов.
- Нормальное химическое сродство. Уравнение Вант - Гоффа.
- Биоэнергетика. Выбор стандартного состояния для реакций, протекающих с участием ионов водорода.
- Принцип подвижного равновесия Ле – Шателье.
- Влияние на смещение химического равновесия в системе различных факторов ( $T$ ,  $P$ , концентрации).
- Технологическое значение принципа подвижного равновесия на примерах.
- Уравнение изохоры Вант - Гоффа для реакции в растворах.

## 5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

При реализации различных видов учебной работы (лекции, практические занятия и самостоятельная внеаудиторная работа) в преподавании дисциплины «Термодинамика» используются следующие образовательные технологии:

- Исследовательские методы в обучении
- Проблемное обучение

Лекционные занятия проводятся в основном в традиционной форме с использованием различных наглядных пособий.

Используется активная форма проведения семинаров, задачи решаются одновременно несколькими способами, проводится анализ и сравнение полученных результатов, обсуждаются достоинства и недостатки различных подходов и методов, рассматриваются различные физические процессы, встречающиеся на практике. Практикуется стимулирование мотивации и интереса к термодинамике, развитие навыков анализа, критичности мышления, взаимодействия, коммуникации.

Иногда студенты, пропустившие несколько занятий и не написавшие контрольную работу, вызываются преподавателем на консультации.

При обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в рамках дисциплины **Термодинамика** допускается:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;
- использование индивидуальных графиков обучения.

### Темы практических занятий (семинаров)

1. Термические, калорические и другие уравнения состояния. Критические параметры.
2. Основные изопроцессы.
3. Энергия, работа, теплота
4. Первое начало термодинамики и его следствия
5. Прямая и обратная калориметрии. Применение I начала к живым системам.
6. Уравнения политропы



7. Циклы.
8. Формулы Кирхгофа.
9. Вычисление изменений энтропии различных процессов.
10. Потенциалы Гельмгольца и Гиббса.
11. Метод характеристических функций.
12. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.
13. Третье начало термодинамики.
14. Правило фаз Гиббса.
15. Биоэнергетика.
16. Принцип Ле-Шателье.

Краткая теория к семинарским занятиям по отдельным темам, контрольные вопросы для проверки знаний, примеры решения задач различных типов и задачи для самостоятельного решения с ответами имеются в учебно-методическом пособии, написанном сотрудниками СГУ: Абахаевой З.М., Бабаяном В.И., Гузевой Л.И., Карнауховой Л.И., Сеницыной Р.В., Тен Г.Н.

Термодинамика в задачах: учебн. пособие, 2-е изд. перераб и доп. / З.М. Абахаева [и др]. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2004. – 128 с.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Термодинамика» запланирована на 4 семестр изучения дисциплины и заключается в подготовке к лекционным и семинарским занятиям, решении задач и освоении теоретических вопросов из приводимого ниже перечня.

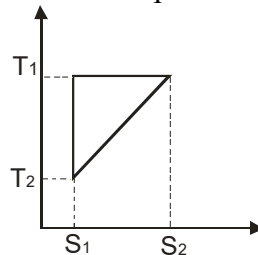
Студенты должны регулярно прорабатывать рекомендуемую лектором литературу, изучать теорию, представленную в начале каждой главы вышеназванного пособия «Термодинамика в задачах», разбирать примеры решения типичных задач, помещенных там же и, наконец, самостоятельно решать заданные на дом задачи и сверять результаты решения с ответами.

В середине семестра проводится предварительная аттестация студентов в виде контрольной работы, по результатам которой неуспевающие студенты могут быть вызваны на консультацию к преподавателю для погашения задолженностей.

### **Перечень вопросов для самостоятельной работы**

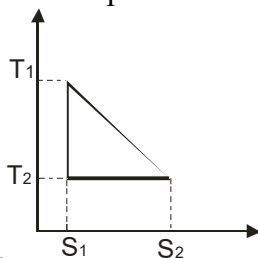
1. Макросистема и макропараметры.
2. В кислородном баллоне после использования большей части газа киломолярный объем оставшегося кислорода составляет  $3 \text{ м}^3/\text{кмоль}$ . Как быстро определить примерное оставшееся давление (ответ дать в атмосферах)? Какими данными надо располагать, чтобы вычислить точную величину? Как Вам кажется, сильно ли будет отличаться приблизительная величина от точной: да или нет?
3. Понятие «система» в применении к биологическим объектам.
4. Какая часть теплоты, сообщенной двухатомному идеальному газу при изобарическом процессе, идет на увеличение его внутренней энергии?
5. Основные постулаты термодинамики.
6. Для давления, равного одной атмосфере, плотность воды при некоторой температуре максимальна. Чему равна эта температура и разность теплоемкостей в этой точке. Построить график зависимости плотности  $\text{H}_2\text{O}$  от температуры.

7. Первое начало термодинамики.
8. Пассажир самолета, летящего в Америку, узнал, что температура в Вашингтоне по шкале Фаренгейта  $50^{\circ}\text{F}$ . Получить уравнение связи двух шкал: Цельсия и Фаренгейта. Перевести температуру в градусы Цельсия.
9. Изменение энтропии в открытых системах.
10. Калорическое уравнение состояния.
11. Реакцию превращения пирувата в лактат можно осуществить в электрохимической ячейке. В этом процессе химическими реагентами выделяется 10200 калории тепла, а полученная работа в идеальных условиях составляет 11440 кал. В условиях, отличных от идеальных, полученная работа составляет 10000 кал, при этом реагентами выделяется 11640 кал тепла. Тот же процесс можно провести в изолированном сосуде. Сколько тепла выделится химическими реагентами в этом случае?
12. Температура как особая функция состояния равновесной системы.
13. Какое количество тепла надо сообщить одному киломолю газа Ван-дер-Ваальса, чтобы при расширении в пустоту от объема  $V_1$  до объема  $V_2$ , его температура осталась постоянной?
14. Принцип подвижного равновесия Ле-Шателье.
15. Термическое уравнение состояния.
16. Один моль идеального газа, первоначально находившегося под давлением 10 атм при температуре 300К расширяется по политропе с показателем  $n=1,8$ . Какова будет совершаемая газом работа, если расширение идет обратимо, а конечная температура 109 К?
17. Определение и построение характеристических функций. Преобразования Лежандра.
18. Следствия первого начала термодинамики.
19. Какую температуру должна иметь мышца, если предположить, что она функционирует как тепловая машина с КПД=30%, работающая по циклу Карно при температуре  $22^{\circ}\text{C}$ ?
20. Аддитивность характеристических функций. Химический потенциал. Потенциалы Массье и Планка.
21. Законы Гесса и Кирхгофа. Вычисление тепловых эффектов реакций с использованием справочных данных.
22. Тепловая машина с произвольным веществом в качестве рабочего тела совершает обратимый термодинамический цикл. Выразить КПД цикла через максимальную и



минимальную температуры цикла.

23. Общие условия равновесия. Условия химического равновесия.
24. Уравнения Ван-дер-Ваальса (термическое и калорическое). Как можно вычислить поправки к давлению и объему? Какими справочными данными при этом надо располагать.
25. Тепловая машина совершает обратимый термодинамический цикл, изображенный на рисунке. Выразить КПД цикла через максимальную и минимальную температуры



цикла.

26. Тепловая теорема Нернста. Следствия тепловой теоремы.
27. Обмен веществ в живых организмах. Прямая и непрямая калориметрии.

28. При какой температуре первоначально находилась вода, если при нагревании до  $100^{\circ}\text{C}$  двух молей воды произошло увеличение энтропии на  $23,5 \text{ Дж/К}$ ?
29. Применение третьего начала термодинамики к определению химического сродства. Связь между тепловым эффектом и максимальной работой.
30. Политропный процесс. Показатель политропы и теплоемкости для изотермы, изобары и изохоры идеального одноатомного газа.
31. Как вычислить суммарное изменение энтропии в процессе таяния льда, находящегося при температуре  $T_1$ , и последующем нагревании образующейся воды до температуры  $T_2$ ? Какими данными при этом надо располагать?
32. Вывод уравнения изотермы Вант - Гоффа методом круговых процессов.
33. Нормальное химическое сродство. Уравнение Вант - Гоффа.
34. Как вычислить, привлекая справочные данные, суммарное изменение энтропии в процессе нагревания воды от температуры  $T_1$  до  $100^{\circ}\text{C}$  и последующего ее испарения. На каком этапе изменение энтропии должно быть наибольшим?
35. Закон действующих масс в термодинамике. Зависимость  $K_x$  от  $T$  и  $P$ . Связь  $K_x$  от  $K_p$  и  $K_c$ .
36. Уравнение изохоры для реакции в растворах.
37. Статистический смысл энтропии.
38. Цикл Карно. Теоремы Карно. Пути повышения КПД цикла Карно.
39. Найти изменение термодинамического потенциала Гиббса для изотермического сжатия ( $T=295\text{K}$ ) одного моля идеального газа от давления  $P_1=1\text{атм}$  до давления  $P_2=10\text{атм}$
40. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы.
41. Применение метода циклов для нахождения зависимости давления насыщенного пара от температуры.
42. Найти термическое и калорическое уравнения состояния газа, если его энтропия выражается в виде характеристической функции от внутренней энергии и объема:  

$$S = C_V \cdot \ln(U - U_0) + R \cdot \ln V - C_V \cdot \ln C_V + S_0$$
43. Постулат Планка. Остаточная энтропия.
44. Энтропия смешивания различных газов.
45. Объяснить какой процесс произойдет (испарение или конденсация), если увеличить давление при постоянной температуре. Система находится в равновесии на кривой жидкость-пар фазовой диаграммы ( $P, T$ ).
46. Абсолютные энтропии. Расчет энтропии веществ с помощью справочных данных.
47. Какая величина принимается за стандартную для концентрации ионов водорода в биохимии и почему? Вычисление  $\Delta G^{\circ}$  в химической термодинамике и биохимии.
48. Система, находящаяся в равновесии на кривой пар-жидкость фазовой диаграммы ( $P, T$ ), нагревается при постоянном давлении. Какой фазовый переход будет наблюдаться?
49. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.
50. Оценка эффективности переноса энергии в метаболических процессах. Коэффициент эффективности и требования разумности скорости обмена веществ.
51. Найти число термодинамических степеней свободы для системы, находящейся в равновесии и состоящей из раствора сахара в воде и раствора сахара в керосине при наличии льда и пара.
52. Изменение энтропии обратимого политропного процесса расширения идеального газа.
53. Применение второго начала термодинамики к неизолированным системам, поддерживаемым при постоянной температуре. Критерий равновесия и направленности самопроизвольного процесса.
54. Как повлияет введение водоотнимающих веществ в равновесную систему  $\text{CH}_3\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
55. Физический смысл изменения характеристических функций.

### Контрольные работы

В ходе освоения дисциплины в часы практических занятий студенты выполняют контрольные работы. При подготовке к контрольной работе необходимо использовать материал прочитанных лекций.

Контрольная работа.

Вариант А. Уравнение состояния. Первое начало термодинамики. Следствия первого начала термодинамики.

Вариант Б. Второе начало термодинамики. Применение второго начала термодинамики. Метод характеристических функций.

Результаты выполнения контрольных работ учитываются при проведении промежуточной аттестации студентов.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачёта (4-й семестр).

### Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Основные понятия термодинамики.
2. Исходные положения и постулаты термодинамики.
3. Уравнения состояния
4. Калорическое уравнение состояния.
5. Термические уравнения состояния. Уравнение состояния с вириальными коэффициентами. Приведенное уравнение состояния.
6. Термические коэффициенты расширения, сжатия, давления. Связь термических коэффициентов. Термодинамические коэффициенты.
7. Энергия, работа, теплота. Работа равновесного и неравновесного процессов.
8. Различные формулировки первого начала термодинамики.
9. Внутренняя энергия – характеристическая функция состояния термодинамической системы.
10. Следствия первого начала термодинамики.
11. Уравнение Кирхгофа. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры.
12. Применение первого начала термодинамики к живым организмам. Обмен веществ в живых организмах. Энергетический обмен. Калорический эквивалент белков, жиров, углеводов. Законы биоэнергетики.
13. Прямая и непрямая калориметрии. Калорический коэффициент кислорода. Дыхательный коэффициент. Связь между дыхательным и калорическим коэффициентами.
14. Калорические свойства системы.
15. Формулировка I начала для сложной системы.
16. Политропный процесс. Дифференциальные уравнения политропы. Показатель политропы. Уравнения политропы идеального газа.
17. Показатели политропы и теплоемкости для изотермы, изобары и изохоры идеального газа.
18. I начало термодинамики для гомогенных многокомпонентных систем с переменным числом частиц.
19. Соотношение Гиббса – Дюгема.
20. Различные формулировки второго начала термодинамики.
21. Цикл Карно. Теоремы Карно. Пути повышения КПД цикла Карно.
22. Оценка эффективности процесса переноса энергии в метаболических процессах. Коэффициент эффективности процесса и требования разумности скорости обмена веществ.
23. Формулы Кирхгофа. Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния.

24. Энтропия фазового перехода.
25. Применение второго закона термодинамики.
26. Метод характеристических функций.
27. Уравнения Максвелла.
28. Физический смысл изменения характеристических функций.

## 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

| 1       | 2      | 3                    | 4                    | 5                      | 6                               | 7                                | 8                        | 9     |
|---------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------|
| Семестр | Лекции | Лабораторные занятия | Практические занятия | Самостоятельная работа | Автоматизированное тестирование | Другие виды учебной деятельности | Промежуточная аттестация | Итого |
| 4       | 10     | 0                    | 40                   | 20                     | 0                               | 0                                | 30                       | 100   |

### *Программа оценивания учебной деятельности студента*

#### **4 семестр**

##### **Лекции**

Посещаемость от 0 до 10 баллов.

##### **Лабораторные занятия**

Не предусмотрены.

##### **Практические занятия:**

Активность, правильное решение задач, ответы на контрольные вопросы, написание контрольной работы от 0 до 40 баллов.

##### **Самостоятельная работа**

Выполнение домашних заданий, работа с литературой по термодинамике от 0 до 20 баллов.

##### **Автоматизированное тестирование**

Не предусмотрено.

##### **Другие виды учебной деятельности:**

Не предусмотрены.

##### **Промежуточная аттестация (зачёт)**

Зачёт проводится в устной форме и предполагает ответ на 2 вопроса билета.

*при проведении промежуточной аттестации*

*ответ на «зачтено» оценивается от 10 до 30 баллов;*

*ответ на «не зачтено» оценивается от 0 до 9 баллов;*

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 4 семестр по дисциплине «Термодинамика» составляет 100 баллов.

Таблица 2.1 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Термодинамика» в оценку (зачет):

|                   |              |
|-------------------|--------------|
| 60 баллов и более | «зачтено»    |
| менее 60 баллов   | «не зачтено» |

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводится до их сведения 2 раза за семестр в конце 8 и 16 недель обучения.

Оценка (зачет) студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине, может быть проставлена без сдачи ими зачета на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### ***а) литература***

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики: учеб. пособие : для вузов : в 5 т. / - М. : ФИЗМАТЛИТ. Т. 2: Термодинамика и молекулярная физика. - 5-е изд., испр. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 543 с. (в НБ СГУ 10 экз.) (Гриф МО)
2. Базаров И.П. Термодинамика [Электронный ресурс]: учебник / И. П. Базаров. - 5-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. – 375 с. - Режим доступа: <http://library.sgu.ru>. ID= 554 – ЭБ учебно-методической литературы.
3. Термодинамика в задачах: учебн. пособие, 2-е изд. перераб и доп. / З.М. Абахаева [и др]. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2004. 128 с. (в НБ СГУ 147 экз.)
4. Суздальев И. П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов - М.: КомКнига, 2006. – 589с. (в НБ СГУ 9 экз.)
5. Основы физической химии: учебник / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов. - 3-е изд. - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2006. – 407с. Гриф МО (в НБ СГУ 53 экз.)

### ***б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы***

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>
5. Зональная научная библиотека им. В.А.Артисевич Саратовского государственного университета им.Н.Г.Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лекции читаются в больших аудиториях студентам нескольких направлений и профилей. На лекциях используются различные наглядные пособия: схемы, плакаты, стенды. На семинарах используется справочная литература по физике, термодинамике, математике, а также вычислительная техника. При подготовке к лекциям, семинарам и самостоятельной работе студенты пользуются дисплейным классом для выхода в Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» с учётом профиля подготовки «Микро- и нанoeлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем».

Автор, доцент Усанов А.Д.

Программа одобрена на заседании кафедры медицинской физики

от 7 июня 2023 г., протокол № 7.