

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Наумова Наталья Александровна

Должность: Ректор

Дата подписания: 04.07.2025 09:13:22

Уникальный программный ключ:

6b5279da4e034bff679172803da5b7b559f669e2

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»

(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ)

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологии

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДЕН

на заседании кафедры

Протокол от «11» марта 2025 г., №11

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ [Холина С.А.]

**ФОНД  
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине (модулю)

Термодинамика

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Москва  
2025

## Содержание

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.....	3
2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....	3
3. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.....	5
4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	10

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы<sup>1</sup>

Код и наименование компетенции	Этапы формирования
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	1. Работа на учебных занятиях 2. Самостоятельная работа

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания<sup>2</sup>

Оцениваемые компетенции	Уровень сформированности	Этапы формирования	Описание показателей	Критерии оценивания	Шкала оценивания
ОПК-1	Пороговый	1. Работа на учебных занятиях 2. Самостоятельная работа	Знать: основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости. Уметь: грамотно использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов термодинамики, создавать модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.	доклад, решение задач, домашнее задание	Шкала оценивания доклада, шкала оценивания решения задач, шкала оценивания домашнего задания
	Продвинутый	1. Работа на учебных занятиях 2. Самостоятельная работа	Знать: основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости. Уметь: грамотно использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов термодинамики, создавать модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей. Владеть: методами использования в профессиональной деятельности базовых знаний фундаментальных разделов термодинамики для	доклад, решение задач, домашнее задание, практическая подготовка	Шкала оценивания доклада, шкала оценивания решения задач, шкала оценивания домашнего задания,

<sup>1</sup> Указывается информация в соответствии с утвержденной РПД

<sup>2</sup> Указывается информация в соответствии с утвержденной РПД

			создания моделей типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов с учетом границ применимости моделей.		шкала оценивания практической подготовки
--	--	--	--	--	--

## Описание шкал оценивания

### Шкала оценивания доклада

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
<i>Высокий (отлично)</i>	Если студент отобразил в докладе 71-90% выбранной темы.	8-10
<i>Оптимальный (хорошо)</i>	Если студент отобразил в докладе 51-70% выбранной темы	5-7
<i>Удовлетворительный</i>	Если студент отобразил в докладе 31-50% выбранной темы	2-4
<i>Неудовлетворительный</i>	Если студент отобразил в докладе 0-30% выбранной темы	0-1

### Шкала оценивания решения задач

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
<i>Высокий (отлично)</i>	Если студент решил 71-90% от всех задач	8-10
<i>Оптимальный (хорошо)</i>	Если студент решил 51-70% от всех задач	5-7
<i>Удовлетворительный</i>	Если студент решил 31-50% от всех задач	2-4
<i>Неудовлетворительный</i>	Если студент решил 0-30% от всех задач	0-1

### Шкала оценивания домашних заданий

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
<i>Высокий (отлично)</i>	Если студент решил 71-90% от всех домашних работ	8-10
<i>Оптимальный (хорошо)</i>	Если студент решил 51-70% от всех домашних работ	5-7
<i>Удовлетворительный</i>	Если студент решил 31-50% от всех домашних работ	2-4
<i>Неудовлетворительный</i>	Если студент решил 0-30% от всех домашних работ	0-1

### Шкала оценивания практической подготовки

Критерии оценивания	Баллы
---------------------	-------

высокая активность на практической подготовке, выполнен(ы) задачи / контрольные работы / отработан алгоритм решения задач по каждой теме	5
средняя активность на практической подготовке, выполнен(ы) задачи / контрольные работы / не полностью отработан алгоритм решения задач по каждой теме	2
низкая активность на практической подготовке, задачи / контрольные работы / не отработан алгоритм решения задач по каждой теме.	0

3. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

### Текущий контроль

ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

Знать: основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости.

Задания, необходимые для оценивания сформированности ОПК-1 на пороговом уровне

Перечень примерных домашних заданий по дисциплине

1. Какая часть молекул газа имеет кинетическую энергию поступательного движения, отличающегося от средней кинетической энергии поступательного движения молекул не более, чем на 1%?

2. Найти относительное число молекул газа, скорости которых отличаются не более, чем на 0,5% от наиболее вероятной скорости.

3. Показать, что среднеквадратичная относительная скорость двух молекул в  $\sqrt{2}$  раз больше среднеквадратичной скорости одной молекулы.

4. Смесь идеальных газов  $H_2$  и  $N_2$  с отношением концентраций  $\frac{n_{H_2}}{n_{N_2}} = 1$  находится в замкнутом сосуде с в состоянии термодинамического равновесия.

Определить:

а) отношение числа молекул  $H_2$  и  $N_2$ , кинетическая энергия которых меньше наиболее вероятной энергии  $E_B$ .

б) Отношение числа падающих на стенки сосуда молекул  $H_2$  и  $N_2$ , кинетическая энергия которых  $E \geq E_B$ .

5. Найти термические коэффициенты  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta_T$  для идеального газа, где  $\alpha = \frac{1}{V} \left( \frac{\sigma V}{\sigma T} \right)_P$ ,  $\gamma = \frac{1}{P} \left( \frac{\sigma P}{\sigma T} \right)_V$ ,  $\beta_T = \left( \frac{\sigma V}{\sigma P} \right)_T$ .

6. . Найти показатель политропы “n”, ( $pVn = \text{Const}$ ) для идеального газа с постоянными теплоемкостями  $C_p$  и  $C_v$ .

Задания, необходимые для оценивания сформированности ОПК-1 на продвинутом уровне

Перечень тем докладов по дисциплине

1. Нулевое начало термодинамики. Температура. Газовая температура.
2. Внутренняя энергия. Работа и теплота. Первое начало термодинамики.
3. Первое начало термодинамики в дифференциальной форме записи.
4. Уравнение состояния. Уравнение состояния идеального газа.
5. Опыт Джоуля. Внутренняя энергия идеального газа. Работа при изотермическом изменении объёма идеального газа.
6. Теплоёмкость термодинамической системы. Теплоёмкость при постоянном объёме и постоянном давлении.
7. Равновесный квазистатический процесс. Работа при изменении объёма системы. Адиабатический и изотермический процессы.
8. Адиабатические процессы в газах. Уравнение адиабаты идеального газа.
9. Второе начало термодинамики. Формулировки Кельвина и Клаузиуса.
10. Цикл Карно.
11. Первая теорема о циклах.
12. Абсолютная термодинамическая температура.
13. Коэффициент полезного действия цикла Карно.
14. Эквивалентность абсолютной термодинамической и газовой температур.
15. Вторая теорема о циклах.
16. Энтропия как функция состояния системы. Принцип возрастания энтропии.
17. Неравенство Клаузиуса для энтропии изолированной системы.
18. Дифференциал энтропии и связанные с ним термодинамические соотношения.
19. Энтропия идеального газа в различных переменных.
20. Аддитивность энтропии. Пример необратимого процесса в теплоизолированной системе.
21. Статистическое определение энтропии (энтропия по Больцману).
22. Изотермы реального вещества. Понятие о фазах. Метастабильные состояния.
23. Давление в системе при фазовом равновесии. Вывод формулы Клайперона-Клаузиуса.
24. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
25. Критические параметры вещества. Закон соответственных состояний.
26. Термодинамика газа Ван-дер-Ваальса (вычисление  $C_p - C_v$ ).
27. Элементы статистической физики. Фазовая точка. Фазовый объём. Число состояний.
28. Статистический вывод энтропии идеального газа.
29. Распределение Максвелла молекул по импульсам.
30. Различные виды распределений Максвелла (за основу взять распределение Максвелла молекул по импульсам).

Уметь: грамотно использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов термодинамики, создавать модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.

Задания, необходимые для оценивания сформированности ОПК-1 на пороговом уровне

Перечень примеров решения задач по дисциплине

1. 1 кг двухатомного газа находится под давлением  $p = 8 \cdot 10^4$  Па и имеет плотность  $\rho = 4$  кг/м<sup>3</sup>. Найти энергию теплового движения молекул газа при этих условиях.

2. Определить среднюю длину свободного пробега молекул и число соударений за 1 с, происходящих между всеми молекулами кислорода, находящегося в сосуде ёмкостью 2 л при температуре 27 °С и давлении 100 кПа.

3. Какова удельная теплоёмкость при постоянном объёме смеси двух газов, если массы первого газа  $m_1$ , масса второго газа  $m_2$ , величины удельных теплоёмкостей каждого газа равны:  $c_{v1}$  и  $c_{v2}$ ?

4. До какой температуры нагреется газ, содержащийся в баллоне объёмом  $V$  при давлении  $p_1$  и температуре  $T_1$ , если ему сообщить количество теплоты  $Q$ ?

5. В жилой комнате было холодно. После того как затопили батареи, температура воздуха повысилась на  $\Delta t = 20^\circ\text{C}$ . Объём комнаты  $V = 150$  м<sup>3</sup>. Как изменилась внутренняя энергия воздуха, находящегося в комнате?

Задания, необходимые для оценивания сформированности ОПК-1 на продвинутом уровне

Перечень примеров решения задач по дисциплине

1. Чему равна наиболее вероятная скорость движения молекул кислорода при температуре  $T = 273$  К.

2. Горячая вода некоторой массы отдаёт теплоту холодной воде такой же массы и температуры их становятся одинаковыми. Показать, что энтропия при этом увеличивается.

3. Определить количество теплоты, которое сообщено 2 кг гелия при постоянном объёме, если его температура повысилась на 100 К. На сколько изменилась внутренняя энергия газа и какая работа была совершена им?

4. Найти изменения температуры для идеального газа в процессе Джоуля – Томсона при дросселировании его через пробку из секции с параметрами:  $P_1$  (давление) и  $V_1$  (объём) в секцию с параметрами:  $P_2$ ,  $V_2$ .

5. 64 маленькие капельки ртути сливаются в одну каплю. На сколько градусов повысится температура большой капли по сравнению с температурой маленьких капель? Радиус каждой маленькой капельки – 1 мм.

Владеть: методами использования в профессиональной деятельности базовых знаний фундаментальных разделов термодинамики для создания моделей типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов с учетом границ применимости моделей.

Задания, необходимые для оценивания сформированности ОПК-1 на продвинутом уровне

Перечень заданий для практической подготовки

1. Найти скорость адиабатического истечения идеального газа (с показателем адиабаты  $\gamma$ ) из сосуда с давлением  $P_1$  и температурой  $T_1$  через малое отверстие в покоящуюся безграничную среду с параметрами  $P_2$  и  $T_2$ .
2. Найти изменение энтропии молей идеального газа после его расширения из объема  $V_1$  в пустой объем  $V_2$ .
3. Рассмотреть задачу об изменении энтропии молей газа Ван-дер-Ваальса после его свободного расширения из сосуда с объемом  $V_1$  в пустой сосуд с объемом  $V_2$ .

### Промежуточная аттестация

ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

Знать: основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости.

Уметь: грамотно использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов термодинамики, создавать модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.

Владеть: методами использования в профессиональной деятельности базовых знаний фундаментальных разделов термодинамики для создания моделей типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов с учетом границ применимости моделей.

Задания, необходимые для оценивания сформированности ОПК-1

Перечень вопросов для экзамена

1. Обратимые и необратимые процессы. Работа и теплота при обратимых и необратимых процессах, их соотношение.
2. Второе начало термодинамики. Формулировка Томсона и формулировка Клаузиуса. Идеальная тепловая машина. Цикл Карно. КПД цикла Карно.
3. Доказательство эквивалентности формулировок второго начала термодинамики по Томсону и Клаузиусу. Равенство Клаузиуса для обратимого цикла. Энтропия. Вторая теорема Карно. Неравенство Клаузиуса.

4. Основное тождество термодинамики. Цикл Карно в  $S, T$ - координатах. Энтропия идеального газа. Холодильная машина Карно и её КПД.
5. Первая теорема Карно. Сравнение КПД цикла Карно с КПД других обратимых циклов, использующих тот же нагреватель и холодильник.
6. Интегрирующий множитель и уравнение для его нахождения. Рациональная шкала температур. Термодинамический цикл Стирлинга.
7. Необратимое расширение идеального газа в пустоту, изменение энтропии в этом процессе.
8. Изменение энтропии при смешивании разных газов. Изменение энтропии при выравнивании температур идеальных газов.
9. Третье начало термодинамики. Теорема Нернста. Недостижимость нуля абсолютной температуры.
10. Энтропия и термодинамическая вероятность. Вывод формулы Больцмана для энтропии.
11. Микро- и макросостояния термодинамической системы. Статистический вес макросостояния. Вывод формулы для энтропии идеального газа на основе формулы Больцмана.
12. Статистика Больцмана. Вывод формулы распределения частиц по энергиям для статистики Больцмана.
13. Флуктуации. Среднеквадратическая флуктуация, вывод формулы для неё. Расчёт среднеквадратической флуктуации физической величины, являющейся суммой независимых идентичных флуктуирующих величин.
14. Статистика Бозе-Эйнштейна и статистика Ферми-Дирака: подсчёт статистических весов для них. Распределение Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна (без вывода).
15. Флуктуации. Среднеквадратичное отклонение. Флуктуация физической величины, являющейся суммой независимых идентичных флуктуирующих величин.
16. Флуктуация плотности молекул в газе, содержащем  $N$  молекул и заполняющем объем  $V$ .
17. Полное описание термодинамической системы – три основных вида уравнений термодинамики. Уравнение Гиббса для внутренней энергии. Преобразование Лежандра. Термодинамические функции и термодинамические потенциалы: энергия Гельмгольца, энтальпия, энергия Гиббса.
18. Вид полного дифференциала для внутренней энергии, энергии Гельмгольца, энтальпии, энергии Гиббса. Определение термодинамических параметров через частные производные от термодинамических потенциалов.
19. Приращения термодинамических потенциалов при квазистационарных процессах и их физический смысл. Поведение термодинамических потенциалов при необратимых процессах.
20. Применение термодинамического метода – связь различных частных производных, связанных уравнением состояния. Термический коэффициент

давления, коэффициент термического расширения, изотермический модуль всестороннего сжатия и связь между ними.

21. Основные формулы математического аппарата функций нескольких переменных, часто применяемые в термодинамике.

22. Соотношения Максвелла.

23. Калорические коэффициенты. Формулы для  $C_v$ ,  $C_p$ , теплоты изотермического возрастания объёма и теплоты изотермического возрастания давления при сжатии  $h$ .

24. Калорические коэффициенты. Формулы для них, полученные из рассмотрения полного дифференциала энтропии.

25. Формулы для дифференциала энтропии в общем виде, формула для  $C_p - C_v$  в общем виде.

26. Химический потенциал.

27. Подход к вычислению характеристических функций на примере потенциала Гиббса.

28. Реальные газы. Межмолекулярные взаимодействия и их классификация. Потенциал Леннарда-Джонса.

29. Газ Ван-дер-Ваальса. Учёт сил отталкивания. Учёт сил притяжения с использованием явного вида потенциала Леннарда-Джонса. Уравнение состояния газа ВДВ.

30. Подход к учёту сил притяжения в газе Ван-дер-Ваальса на основе введения в рассмотрение сферы молекулярного взаимодействия и потенциальной энергии молекул пристеночного слоя. Независимость внутримолекулярного давления от потенциала взаимодействия молекул газа со стенкой. Уравнение состояния газа ВДВ для произвольной массы газа.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

#### Требования к экзамену

Сопоставимость рейтинговых показателей студента по разным дисциплинам и Балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости студентов обеспечивается принятием единого механизма оценки знаний студентов, выраженного в баллах, согласно которому 100 баллов – это полное усвоение знаний по учебной дисциплине, соответствующее требованиям учебной программы.

Максимальный результат, который может быть достигнут студентом по каждому из Блоков рейтинговой оценки – 100 баллов.

Шкала соответствия рейтинговых оценок пятибалльным оценкам:

100 – 81 баллов – «отлично» (5); 80 – 61 баллов – «хорошо» (4); 60 – 41 баллов – «удовлетворительно» (3); до 40 баллов – «неудовлетворительно».

Ответ обучающегося на экзамене оценивается в баллах с учётом шкалы соответствия рейтинговых оценок пятибалльным оценкам.

В зачётно-экзаменационную ведомость и зачётную книжку выставляются оценки по пятибалльной шкале и рейтинговые оценки в баллах.

При получении студентом на экзамене неудовлетворительной оценки в ведомость выставляется рейтинговая оценка в баллах (<40 баллов), соответствующая фактическим знаниям (ответу) студента.

Критерии оценки знаний студентов в рамках каждой учебной дисциплины или групп дисциплин вырабатываются преподавателями согласованно на кафедрах Университета исходя из требований образовательных стандартов.

#### Шкала оценивания экзамена

Критерии оценивания	Баллы
Полные и точные ответы на два вопроса экзаменационного билета. Свободное владение основными терминами и понятиями курса; последовательное и логичное изложение материала курса; законченные выводы и обобщения по теме вопросов; исчерпывающие ответы на вопросы при сдаче экзамена.	21-30
Полные и точные ответы на два вопроса экзаменационного билета. Знание основных терминов и понятий курса; последовательное изложение материала курса; умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов; достаточно полные ответы на вопросы при сдаче экзамена.	14-20
Полный и точный ответ на один вопрос экзаменационного билета. Удовлетворительное знание основных терминов и понятий курса; удовлетворительное знание и владение методами и средствами решения задач; недостаточно последовательное изложение материала курса; умение формулировать отдельные выводы и обобщения по теме вопросов.	8-13
Полный и точный ответ на один вопрос экзаменационного билета и менее.	0 - 7

#### Итоговая шкала оценивания результатов освоения дисциплины

Итоговая оценка по дисциплине выставляется по приведенной ниже шкале. При выставлении итоговой оценки преподавателем учитывается работа обучающегося в течение освоения дисциплины, а также оценка по промежуточной аттестации.

Количество баллов	Оценка по традиционной шкале
81-100	отлично
61-80	хорошо
41-60	удовлетворительно
0-40	Не удовлетворительно