

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наумова Наталья Александровна
Должность: Ректор
Дата подписания: 17.03.2026
Уникальный программный ключ:
6b5279da4e034bff679172803da5b7b558fc69e2

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 «17» марта 2026 г., №12
Зав. кафедрой  [Холина С.А.]

**ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине (модулю)
Термодинамика

Направление подготовки: 03.03.02 Физика
Профиль: Фундаментальная физика и нанотехнология

Москва
2026

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 программы¹

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 оценивания²

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.	Домашние задания, решение задач, доклад, конспект	Шкала оценивания доклада, шкала оценивания домашних работ, шкала оценивания решения задач, шкала оценивания конспекта
	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	Домашние задания, решение задач, доклад, конспект, практическая	Шкала оценивания доклада, шкала оценивания домашних

¹ Указывается информация в соответствии с утвержденной РПД

² Указывается информация в соответствии с утвержденной РПД

			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.	подготовка	х работ, шкала оценивания решения задач, шкала оценивания конспекта, шкала оценивания практической подготовки
--	--	--	---	------------	---

Описание шкал оценивания

Шкала оценивания доклада

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

Шкала оценивания решения задач

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

Шкала оценивания домашних заданий

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент решил 71-90% от всех домашних работ	8-10

Оптимальный (хорошо)	Если студент решил 51-70% от всех домашних работ	5-7
Удовлетворительный	Если студент решил 31-50% от всех домашних работ	2-4
Неудовлетворительный	Если студент решил 0-30% от всех домашних работ	0-1

Шкала оценивания конспекта

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент отразил 71-90% от всех тем	8-10
Оптимальный (хорошо)	Если студент отразил 51-70% от всех тем	5-7
Удовлетворительный	Если студент отразил 31-50% от всех тем	2-4
Неудовлетворительный	Если студент отразил 0-30% от всех тем	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 тем конспектов по дисциплине

- 1.Макросистемы. Термодинамический способы описания макросистемы. Равновесные и неравновесные системы
- 2.Энтропия, её физический смысл. Закон возрастания энтропии и его физическая интерпретация

3. Условия равновесия макросистемы во внешнем поле. Идеальный газ. Распределение Больцмана
4. Работа и количество тепла. Первое начало термодинамики
5. Второе начало термодинамики. Объединённая форма первого и второго начал термодинамики
6. Энтальпия. Свободная энергия макросистемы. Термодинамические потенциалы
7. О направлении изменения термодинамических потенциалов при необратимых процессах. Давление. Уравнение адиабаты
8. Химический потенциал, его физический смысл
9. Термодинамика открытых систем

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 примерных домашних заданий по дисциплине

1. Определить теплоёмкость C_p , изотермическую сжимаемость и коэффициент теплового расширения через потенциал Гиббса.
2. Определить термоупругий эффект $(\partial T / \partial p)_S$ системы при адиабатическом процессе. Вычислить его для идеального газа, занимающего объём V и имеющего теплоёмкость C_p .
3. Однотипные идеальные газы с одинаковыми температурой T_0 и числом атомов N находятся в сосудах разного объёма V_1 и V_2 . Определить максимальную полезную работу при их смешивании (соединении). Указание: воспользоваться формулой энтропии: $S = kN[\ln(V/N) + 1.5\ln T] + NS_0(m)$.
4. Вычислить дополнительные энергию и теплоёмкость, приобретаемую газом из N молекул с жёсткими диполями d_0 в слабом ($\epsilon d_0 \ll kT$) электрическом поле с напряжённостью ϵ .
5. Вычислить энтропию газа Ферми при низкой температуре.
6. Получить формулу Планка для теплового излучения в среде, у которой показатель преломления $n(\nu)$ зависит от частоты.
7. Получить уравнение состояния электронного газа при абсолютном нуле температуры.
8. Оценить скорость звука в алмазе, зная, что его дебаевская температура $\theta_D = 1860$ К, а постоянная решётки $d = 1.54$ Å.
9. Определить число столкновений за единицу времени электронов со стенкой сосуда, в котором находится электронный газ при абсолютном нуле температуры.

10. Вычислить полное число фотонов N в объёме V и найти уравнение адиабаты фотонного газа.

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

Перечень примеров решения задач по дисциплине

Вариант 1

1. 1 кг двухатомного газа находится под давлением $p = 8 \cdot 10^4$ Па и имеет плотность $\rho = 4$ кг/м³. 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 $V = 150$ м³. Как изменилась внутренняя энергия воздуха, находящегося в комнате?

Вариант 2

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 капелек? 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. *Показать*, как свойства абсолютно жесткой адиабатической стенки определяют термодинамический процесс, и вывести уравнение Пуассона для идеального газа.
2. *Показать*, что вытекающие из опыта единственность распределения энергии равновесной системы по ее частям и одновременный рост энергии этих частей при увеличении общей энергии системы позволяют выбрать для внутренней энергии монотонно возрастающую функцию температуры.
3. Идеальный газ квазистатически и адиабатически переходит из состояния (p_1, V_1, T_1) в состояние (p_2, V_2, T_2). *Показать*, что если в конечном состоянии сообщить газу (при постоянном объеме) количество тепла, эквивалентное работе, совершенной газом при этом переходе, то температура его снова станет равной исходной.
4. *Показать*, что если уравнение состояния имеет вид $p=p(T,V)$, то справедливо соотношение $p\gamma=\kappa\alpha$, где $\alpha=(\partial V/\partial T)_p/V$ - термический коэффициент объемного расширения, $\gamma=(\partial p/\partial T)_V/p$ - термический коэффициент давления, $\kappa=-V(\partial p/\partial V)_T$ - объемный модуль упругости.
5. *Вычислить* к. п. д. воздушной машины, работающей по циклу, состоящему из двух изотерм $T=T_1$ и $T=T_2$ и двух изохор $V=V_1$ и $V=V_2$ и сравнить его с к. п. д. машины, работающей по циклу Карно с теми же температурами T_1 и T_2 .
6. *Доказать* эквивалентность следующих формулировок третьего начала: а) при $T\rightarrow 0\text{K}$ энтропия S любой равновесной системы перестает зависеть от термодинамических параметров, принимая одно и то же для всех систем постоянное значение; б) 0K недостижим.
7. *Выразить* большой термодинамический потенциал $J(T, V, \mu)$ через давление (P) и объем (V). *Доказать*, что для однородных систем справедливо соотношение: $J = -PV$.
8. Пользуясь основным уравнением термодинамики, *установить* правило Максвелла: на диаграмме V, p площади, образуемые при пересечении изотермы Ван-дер-Ваальса экспериментальной прямой изотермой - изобарой, соответствующей равновесию жидкость - пар, одинаковы.
9. Используя условие равенства химических потенциалов, *вывести* качественную зависимость давления насыщенного пара от температуры (уравнение Клапейрона-Клаузиуса).

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. Термодинамическая (статистическая) система. Классификация термодинамических систем. Классификация термодинамических контактов. Классификация термодинамических стенок.
2. Нулевое начало термодинамики. Свойства состояния термодинамического равновесия. Абсолютная температура.
3. Причина возникновения процессов в системе. Классификация процессов в термодинамике. Критерий равновесности процесса.
4. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия. Экстенсивные (аддитивные) и интенсивные величины. Аддитивность внутренней энергии.
5. Термодинамические координаты. Термодинамические силы. Координаты и силы при механическом, тепловом и материальном воздействии.
6. Первое начало термодинамики в дифференциальной формулировке. Уравнение состояния. Уравнение состояния в общем виде. Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса. Вириальное разложение.
7. Внутренняя энергия. Дифференциальные соотношения (сопряжение по координатам).
8. Свободная энергия (свободная энергия Гельмгольца). Дифференциальные соотношения (смешанное сопряжение).
9. Энтальпия. Дифференциальные соотношения (смешанное сопряжение).
10. Термодинамический потенциал (свободная энергия Гиббса) Дифференциальные соотношения (сопряжение по силам).
11. Замена независимых переменных в соотношениях, содержащих частные производные.

12. Теплоемкость. Удельная теплоемкость. Связь между изобарной и изохорной теплоемкостями. Формула Майера. Скрытая теплота.
13. Термический коэффициент объемного расширения. Термический коэффициент давления.
14. Коэффициент изотермической сжимаемости. Коэффициент адиабатной сжимаемости.
15. Обратимые и необратимые процессы. Принцип Томсона (Кельвина). Принцип Клаузиуса.
16. Метод циклов. Цикл Карно. Теорема приведенных теплотах. Обратный идеальный цикл Карно.
17. Эквивалентность принципов Клаузиуса и Томсона. Теорема Карно-Клаузиуса.
18. Энтропия как функция состояния. Общая формулировка второго закона термодинамики.
19. Третье начало термодинамики. Поведение термических коэффициентов в области низких температур.
20. Поведение калорических величин в области низких температур. Недостижимость абсолютного нуля.
21. Химический потенциал. Большой термодинамический потенциал. Связь между изменениями T , p и μ в равновесном процессе.
22. Условия термодинамического равновесия и термодинамической устойчивости систем.
23. Использование экстремальных свойств термодинамических потенциалов при механическом воздействии на систему.
24. Использование экстремальных свойств термодинамических потенциалов при тепловом воздействии на систему.
25. Устойчивость системы под поршнем по отношению к тепловому воздействию. Правило Максвелла для изотерм Ван-дер-Ваальса.
26. Условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса.
27. Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Диаграмма состояний однокомпонентной системы.
28. Фазовые переходы второго рода.

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