

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра теоретической физики**

УТВЕРЖДАЮ
Декан ФФ
А. Е. Бондарь
« 24 » 10 2020 г.



**Рабочая программа дисциплины
ТЮТОРИАЛ ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ И СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ**

направление подготовки: **03.03.02 Физика, Курс 3, семестр 6**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения: **Очная**

Семестр	Общий объём	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачёт	Дифференцированный зачёт	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	36		16		20					
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - в интерактивных формах 16 часов (практические занятия)										
Компетенции: ОПК-3										

Разработчик:
к.ф.-м.н., доцент

Д. Ю. Иванов

И. о. зав. кафедрой ТФ ФФ НГУ
к.ф.-м.н., доцент

А. И. Черных

Ответственный за образовательную программу,
д.ф.-м.н., проф.

С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2020

Содержание	
Аннотация	3
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	4
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	5
5. Перечень учебной литературы.	5
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	6
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	6
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	7
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	7

Аннотация

к рабочей программе дисциплины «Тьюториал по термодинамике и статистической физике»

Направление: **03.03.02 Физика**

Направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Программа дисциплины «Тьюториал по термодинамике и статистической физике» составлена в соответствии с требованиями СУОС по направлению подготовки **03.03.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная физика»**, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ.

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы и реализуется для студентов третьего курса физического факультета кафедрой теоретической физики.

Дисциплина ведётся параллельно с обязательной дисциплиной «Термодинамика и статистическая физика» и предоставляет возможность обучающимся получать дополнительные разъяснения и развить навыки по решению тех же типов задач, которые рассматриваются в рамках курса «Термодинамика и статистическая физика».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника общепрофессиональной компетенции:

ОПК-3 Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

- **Владеть:** навыками решения задач по термодинамике и статистической физике.

Дисциплина рассчитана на один семестр. Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: проверка решения задач, заданных на самостоятельную подготовку.

Промежуточная аттестация: не предусмотрена.

Общая трудоёмкость рабочей программы дисциплины составляет **36** академических часов / **1** зачётная единица.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Учебная дисциплина «Тьюториал по термодинамике и статистической физике» предназначена для развития навыков решения задач по термодинамике и статистической физике.

Дисциплина является обязательной и способствует развитию общепрофессиональной компетенции:

ОПК-3 Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.

Дисциплина проводится в форме практических занятий, на которых решаются типовые задачи по термодинамике и статистической физике, проводится разбор заданий, выполняемых обучающимися в рамках самостоятельной работы. Существенным элементом образовательных технологий является не только умение студента найти решение задачи, но и способность доходчиво донести его до всей аудитории. Умение ответить на вопросы сокурсников и преподавателя развивает навыки, которые будут необходимы в дальнейшей профессиональной деятельности студента.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Владеть:** навыками решения задач по термодинамике и статистической физике (ОПК-3).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Тьюториал по термодинамике и статистической физике» реализуется в весеннем семестре 3 курса для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика. Общая и фундаментальная физика. Для восприятия дисциплины требуется предварительная подготовка студентов по электродинамике, математике (дифференциальное и интегральное исчисления). Дисциплина является обязательной. Она ведётся параллельно с обязательной дисциплиной «Термодинамика и статистическая физика» и предоставляет возможность обучающимся получать дополнительные разъяснения и приобрести дополнительные навыки по решению тех же типов задач, которые рассматриваются в рамках курса «Термодинамика и статистическая физика».

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объём	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачёт	Дифференцированный зачёт	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	36		16		20					
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них:										
- в интерактивных формах 16 часов (практические занятия)										
Компетенции: ОПК-3										

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: практические занятия, консультации, самостоятельная работа студента и её текущий контроль преподавателями во время практических занятий. Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: проверка решения задач, выполненных студентами в рамках самостоятельной работы, разбор обучающимися у доски решения задач, предлагаемых непосредственно во время практических занятий.

- промежуточная аттестация: не предусмотрена.

Общая трудоёмкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачётную единицу.

- практические занятия – 16 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 20 часов;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (практические занятия) составляет 16 часов.

Работа с обучающимися в интерактивных формах составляет 16 часов (практические занятия).

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Программа практических занятий (16 часов)

Занятие 1-8. Решение задач по теме:

1. Уравнение состояния идеального газа. Термодинамика диэлектриков.
2. Микроканоническое и каноническое распределения.
3. Больцмановский газ.
4. Орто- и парамодификации двухатомных молекул.
5. Фазовые переходы, уравнение Клайперона-Клаузиуса.
6. Термодинамические величины слабого раствора. Неидеальные газы.
7. Термодинамические величины классической плазмы.
8. Вырожденный ферми-газ.

Самостоятельная работа студентов (20 часов)

Перечень занятий на СРС	Объём, час
Подготовка к практическим занятиям (выполнение заданий)	20

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 2. Термодинамика и молекулярная физика. — Изд. 3-е, испр. и доп. — М.: Наука, 1990. — 591 с.: ил.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, Ч.1. — Изд. 3-е, доп. — М.: Наука, 1976. — 583 с.: ил. — (Теоретическая физика, т. V).

3. Коткин Г.Л. Лекции по статистической физике: учебное пособие: [для студентов физических факультетов вузов]. — М-во образования Рос. Федерации, Новосиб. гос. ун-т. — Новосибирск: Редакционно-издательский центр НГУ, 2003. — 171 с.: ил.
4. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. — Изд. 3-е, стер. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во: Изд-во Новосиб. ун-та, 2001. — 608 с.: ил.
5. Коткин Г.Л., Образовский Е.Г. Задачи по статистической физике: учебное пособие: [для студентов физического факультета НГУ]. — Федер. агентство по образованию, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак. — Новосибирск: Редакционно-издательский центр НГУ, 2007. — 159 с.: ил.

5.2. Дополнительная литература

1. Гинзбург И.Ф. Введение в физику твёрдого тела Основы квантовой механики и статистической физики с отдельными задачами физики твёрдого тела: учеб. пособие [для вузов]. — Санкт-Петербург и др.: Лань, 2007. — 537 с.
2. Кубо Р. Статистическая механика. — Изд. 2-е, стер. — М.: УРСС: КомКнига, 2007. — 452 с.: ил.
3. Киттель Ч. Статистическая термодинамика. — М.: Наука, 1977. — 336 с.: ил.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 2. Термодинамика и молекулярная физика. — Изд. 3-е, испр. и доп. — М.: Наука, 1990. — 591 с.: ил.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, Ч.1. — Изд. 3-е, доп. — М.: Наука, 1976. — 583 с.: ил. — (Теоретическая физика, т. V).
3. Коткин Г.Л. Лекции по статистической физике: учебное пособие: [для студентов физических факультетов вузов]. — М-во образования Рос. Федерации, Новосиб. гос. ун-т. — Новосибирск: Редакционно-издательский центр НГУ, 2003. — 171 с.: ил.
4. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. — Изд. 3-е, стер. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во: Изд-во Новосиб. ун-та, 2001. — 608 с.: ил.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть «Интернет».

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины «Тьюториал по термодинамике и статистической физике» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе практических занятий: проверка решения задач, выполненных студентами в рамках самостоятельной работы, разбор обучающимися у доски решения задач, предлагаемых непосредственно во время практических занятий.

Промежуточная аттестация

Не предусмотрена.

10.2. Типовые задания, предлагаемые для самостоятельной подготовки и разбираемые на практических занятиях

ЗАДАНИЕ №1

1. Конденсатор заполнен диэлектриком, для которого $\mathbf{D} = (\epsilon(T) + \alpha(T)E^2) \mathbf{E}$. Сколько тепла выделится при изотермической зарядке конденсатора? На сколько изменится температура конденсатора, если считать его теплоизолированным? Теплоёмкость конденсатора C . Изменение температуры можно считать малым.
2. Диполь q , находящийся на расстоянии z от плоской поверхности диэлектрика, ориентирован вдоль плоскости. Какое количество тепла выделится в диэлектрике при постоянной температуре T , если диполь медленно повернуть так, чтобы он оказался ориентирован поперек плоскости?
3. В "ногах" П-образной стеклянной трубки находится этанол (C_2H_6O). Разность уровней жидкости составляет 10 см. Спустя какое время разность уровней уменьшится вдвое? Над жидкостью находятся только пары этанола. Температура равна 35 С, при такой температуре давление насыщенных паров равно $P=100$ мм рт.ст., плотность жидкого этанола $\rho=0.78$ г/см³. Считать, что каждая молекула газа, столкнувшаяся с поверхностью жидкости, прилипает к ней (коэффициент аккомодации равен 1).
4. N шаров движутся на наклонном плоском бильярде, испытывая упругие столкновения друг с другом и с бортиками. Определить распределение шаров по высоте (полагая, что верхнего бортика шары не достигают и что размеры шариков достаточно малы). Для замкнутой системы шаров справедливо микроканоническое распределение.

ЗАДАНИЕ №2

1. В баллоне с углекислым газом поддерживается температура $T=300$ °С и давление $P_0=1.5$ атм. Из баллона вытекает в атмосферу струя газа. Найти её скорость и температуру газа в струе. Время разгона газа велико по сравнению со временем τ релаксации колебаний молекул CO_2 . Частоты колебаний молекулы CO_2 - ν изгибн./с = 667 см⁻¹, ν симм. /с = 1385 см⁻¹, ν антисимм. /с = 2349 см⁻¹. На сколько мы ошибёмся, если не учтём колебаний молекул?
2. Примесь дейтерия (D) в естественном водороде (H) составляет 0,015 %. Найти отношение концентраций молекул D_2 и HD при комнатной температуре.
3. Рассчитать равновесную концентрацию атомов иода при температуре $T = 500$ °К в сосуде, заполненном 0.1 торр молекулярного иода (I_2). Энергия связи молекулы I_2 - 35.6 ккал/моль, частота колебаний $\nu = 213$ см⁻¹, размер молекулы - $r(I-I)=2.67$ А, а основное состояние атома иода - $^2P_{3/2}$.
4. Водород, имевший комнатную температуру, быстро охладили до температуры $T_0 \ll T_{rot} = \hbar^2/2I$, так что соотношение чисел молекул орто- и параводорода осталось равно 3:1. Затем происходит переход к соотношению, равновесному при низкой температуре. Какова будет в итоге температура водорода, если принять, что он теплоизолирован и объём его неизменен? (Уравнение придется решать численно).

ЗАДАНИЕ №3

1. На сколько сместится температура и давление тройной точки воды при наличии в сосуде воздуха под давлением 1 атм.?
2. Теплоизолированный объём наполнен насыщенным водяным паром при температуре 100 °С. Объём увеличивают на 15 %. Найти равновесный радиус капельки зародыша.

3. В цилиндре закрытом поршнем, имеется раствор концентрации c . Поршень непроницаем для молекул растворенного вещества и проницаем для молекул растворителя. При постоянной температуре T поршень медленно вдвигают так, что в конце этого процесса под поршнем остается только чистое растворенное вещество. Рассчитать механическую работу, затрачиваемую при таком способе разделения раствора в расчете на одну молекулу растворенного вещества. Считать что концентрация насыщенного раствора при данной температуре известна $c_0(T)$, и что $c, c_0 \ll 1$.
4. Больцмановский газ заряженных частиц находится в поле $U(x, y, z) = m\omega^2/2 (x^2 + y^2 + z^2)$ и постоянном однородном магнитном поле H , направленном по оси z . Пренебрегая взаимодействием зарядов между собой, найти магнитный момент газа. Выразить магнитную восприимчивость в пределе низких и высоких температур.

ЗАДАНИЕ №4

1. Найти магнитный момент и магнитную восприимчивость вырожденного электронного газа, связанные с магнитным моментом электрона.
2. Идеальный ферми-газ при низкой температуре помещен в поле тяжести. Вычислить высоту центра тяжести столба газа и его теплоемкость. Найти зависимость плотности газа от высоты при нулевой температуре и температуре, близкой к нулевой.
3. Найти связь между равновесным радиусом R и массой M звезды – белого карлика, в котором основной вклад в давление вносит полностью вырожденный электронный газ (газ нерелятивистский, вычисления проводить на уровне оценки, воспользовавшись вириальной теоремой).

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Тьюториал по термодинамике и статистической физике»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного