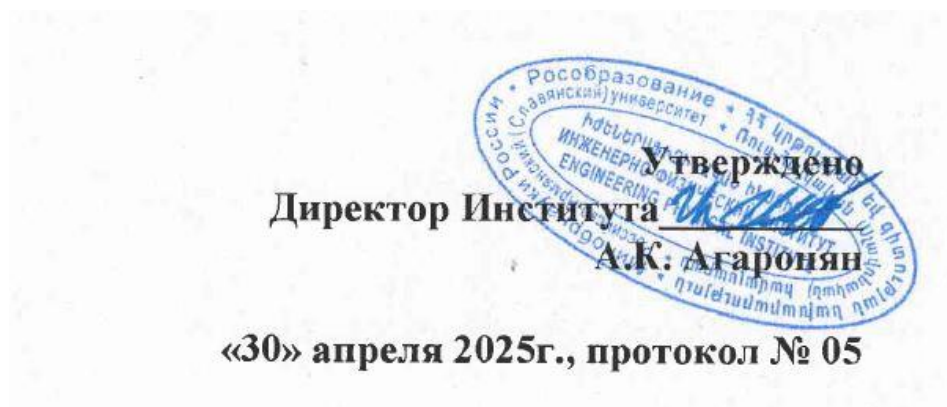


**ГОУ ВПО Российско-Армянский (Славянский)
университет**



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Б1.О.12 Физика макросистем

Автор (ы) д.ф.-м.н., профессор Акопян Тигран Степанович
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

Направление подготовки: 11.03.02 Электроника и нанoeлектроника
**Наименование образовательной программы: Инфокоммуникационные
технологии и системы связи**

Согласовано:

Заведующий Кафедрой общей физики и квантовых наноструктур

Айрапетян Д.Б.



(подпись)

1. АННОТАЦИЯ

1.1. Краткое описание содержания данной дисциплины;

Дисциплина "Физика макросистем" посвящена изучению закономерностей поведения систем с большим числом частиц на основе термодинамики и статистической физики. Рассматриваются фундаментальные понятия термодинамического равновесия, флуктуаций, фазовых переходов и коллективных явлений. Курс формирует представление о взаимосвязи между микроскопическими свойствами частиц и макроскопическими параметрами среды.

1.2. Трудоемкость в академических кредитах и часах, формы итогового контроля (экзамен/зачет);

6 академических кредитов / 216 часов. Форма итогового контроля — экзамен.

1.3. Взаимосвязь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана специальности (направления)

Механика, Волновые процессы, Электромагнетизм, Квантовая физика.

1.4. Результаты освоения программы дисциплины:

Код компетенции (в соответствии рабочим с учебным планом)	Наименование компетенции (в соответствии рабочим с учебным планом)	Код индикатора достижения компетенций (в соответствии рабочим с учебным планом)	Наименование индикатора достижений компетенций (в соответствии рабочим с учебным планом)
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1	Знает методики поиска, сбора и обработки информации, метод системного анализа
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2	Умеет применять методики поиска, сбора и обработки информации, осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, применять

			системный подход для решения поставленных задач.
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.3	Владеет методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации, методикой системного подхода для решения поставленных задач.
ОПК-1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1	Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы и методы накопления, передачи и обработки информации.
ОПК-1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.2	Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.
ОПК-1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.3	Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач.
ОПК-2	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.1	Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации.
ОПК-2	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.2	Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования.
ОПК-2	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.3	Владеет способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений.

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. Цели и задачи дисциплины

Цель: Сформировать у студентов фундаментальные представления о законах и методах описания поведения макроскопических систем на основе термодинамики и статистической физики.

Задачи:

- Изучить основные законы и принципы термодинамики;
- Ознакомить с методами статистического описания макроскопических систем;
- Понять природу фазовых переходов и флуктуационных явлений;
- Научиться применять теоретические модели для анализа физических процессов в макросистемах;
- Развить навыки решения задач, связанных с термодинамическими и статистическими характеристиками систем.

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и зачетных единицах) (удалить строки, которые не будут применены в рамках дисциплины)

Виды учебной работы	Всего, в акад. часах	Распределение по семестрам
		1 сем
1	2	3
1.Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	216	216
1.1.Аудиторные занятия, в т. ч.:	112	112
1.1.1.Лекции	48	48
1.1.2.Практические занятия, в т. ч.	32	32
1.1.3.Лабораторные работы	32	32
1.2.Самостоятельная работа, в т. ч.:	50	50
1.3. Консультации		
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	Экзамен	54

2.3. Содержание дисциплины

2.3.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекции (ак. часов)	Практ. Занятия (ак.	Лабор. (ак. часов)
---------------------------	----------------------	--------------------------	---------------------------	--------------------------

			часов)	
1	2=3+4+5+6 +7	3	4	6
Тема 1. Первое начало термодинамики	24	8	6	6
Тема 2. Статистическая физика. Распределения Максвелла и	8	8	4	4
Тема 3. Второе начало термодинамики. Энтропия	8	8	4	4
Тема 4. Квантовые статистики и их применения	8	8	4	4
Тема 5. Состояния вещества	8	8	4	4
Тема 6. Неравновесные макросистемы		8	4	4
ИТОГО	120	48	32	32

2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

Тема 1. Первое начало термодинамики

Рассматриваются основные понятия внутренней энергии, теплоты и работы, формулировки первого начала термодинамики, а также применение закона сохранения энергии к термодинамическим процессам в макроскопических системах.

Тема 2. Статистическая физика. Распределения Максвелла и Больцмана

Рассматриваются основы статистического описания макроскопических систем. Изучаются распределения Максвелла для скоростей молекул и Больцмана — для энергий, их физический смысл и применение к идеальному газу.

Тема 3. Второе начало термодинамики. Энтропия

Рассматриваются формулировки второго начала термодинамики, понятие необратимости процессов и введение энтропии как меры беспорядка. Объясняется направление естественных процессов и роль энтропии в установлении теплового равновесия.

Тема 4. Квантовые статистики и их применения

Рассматриваются различия между классической и квантовой статистикой. Изучаются статистики Бозе — Эйнштейна и Ферми — Дирака, их физический смысл и применение к системам с большим числом частиц, таким как электроны в металле и фотоны в излучении.

Тема 5. Состояния вещества

Изучаются основные агрегатные состояния вещества: твёрдое, жидкое, газообразное и плазма. Рассматриваются их характеристики на микроскопическом уровне, переходы между состояниями и условия их существования.

Тема 6. Неравновесные макросистемы Рассматриваются системы, находящиеся вне термодинамического равновесия. Изучаются процессы переноса массы, импульса и энергии, а также роль градиентов и флуктуаций в их описании. *Литература:* [2], [5]

2.3.3. Краткое содержание семинарских/практических занятий/лабораторного практикума

Практические занятия включают решение задач, направленных на количественное описание макроскопических систем, анализ термодинамических процессов, моделирование распределений и неравновесных состояний с использованием программных средств (например, MATLAB, Python с SciPy), а также обработку экспериментальных данных.

1. Первое и второе начала термодинамики
2. Распределения Максвелла и Больцмана
3. Энтропия и термодинамическая вероятность
4. Квантовые статистики: Бозе — Эйнштейна и Ферми — Дирака
5. Переходы фаз и состояния вещества
6. Неравновесные процессы и транспортные явления

2.3.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Мультимедийное оборудование для лекций.
- Учебная лаборатория для проведения лабораторных занятий

2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)		Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)	Вес результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
	M1 ¹	M2	M1	M2	M1	M2		
Вид учебной работы/контроля								
Контрольная работа (при наличии)			0.5	0.5				

¹ Учебный Модуль

Устный опрос (при наличии)								
Лабораторные работы (при наличии)	0.5	0.5						
Письменные домашние задания (при наличии)								
Решение задач	0.5	0.5						
Весы результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей					0.5	0.5		
Весы оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0.5
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								0.5
	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$

3. Теоретический блок (указываются материалы, необходимые для освоения учебной программы дисциплины)

3.1. Материалы по теоретической части курса

3.1.1. Учебник(и);

- Иродов И.Е., Физика макросистем, Основные законы, 2015г
- Молекулярная физика, Кикоин, Абрам Константинович; Кикоин, Исаак Константинович, 2008г.
- Курс общей физики, Т. 1. Механика. Молекулярная физика, Савельев, Игорь Владимирович, 2008г.

3.1.2. Учебное(ые) пособие(я);

- Смирнов В.И. *Неравновесные процессы в физике*, СПб.: Лань, 2017

4. Фонды оценочных средств (указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).

4.1. Планы практических занятий

№	Тема практического занятия	Основные понятия	Упражнения и типовые задачи (по Иродову)
1	Введение. Макросистемы и макропараметры	Состояние, параметры, термодинамическое равновесие	Обсуждение задач 1.1–1.5 (том «Молекулярная физика»)
2	Температура и её измерение	Термометры, температурные шкалы, нулевая термодинамика	Задачи 1.6–1.10
3	Молекулярно-кинетическая теория идеального газа	Средняя энергия, уравнение состояния, давление	Задачи 2.1–2.15
4	Распределение Максвелла и характерные скорости	Модель распределения, температурная зависимость	Задачи 2.16–2.25
5	Работа и теплота. Первый закон термодинамики	Внутренняя энергия, работа, теплоёмкость	Задачи 3.1–3.10
6	Политропные процессы. Адиабата	Изменение параметров, графики процессов	Задачи 3.11–3.18
7	Второй закон термодинамики. Энтропия	Обратимость, циклы, изменение энтропии	Задачи 4.1–4.15
8	Циклы тепловых машин. КПД	Карно, холодильные машины, КПД и эксергия	Задачи 4.16–4.25
9	Фазовые переходы	Условия фазового равновесия, диаграммы	Задачи 5.1–5.8
10	Повторение и анализ типовых задач	Обобщение, подготовка к зачёту/контролю	Обзор задач повышенной сложности

4.2. Планы лабораторных работ и практикумов

№	Название лабораторной работы	Цель работы	Основные измеряемые и рассчитываемые величины
1	Изучение закона Бойля–Мариотта	Проверка зависимости $PV = \text{const}$ при $T = \text{const}$	Давление, объем, температура
2	Определение теплоемкости твёрдого тела	Исследование теплоёмкости методом нагрева	Температура, масса, мощность
3	Изучение уравнения состояния идеального газа	Проверка $PV = nRT$, определение постоянной R	Объём, давление, температура
4	Определение коэффициента теплопроводности	Измерение теплового потока через материалы	ΔT , мощность, геометрия образца
5	Исследование изотермического и адиабатического процессов	Построение графиков P – V процессов, сравнение с теорией	Давление, объём, температура

№	Название лабораторной работы	Цель работы	Основные измеряемые и рассчитываемые величины
6	Определение коэффициента линейного расширения	Наблюдение теплового удлинения твёрдых тел	ΔL , температура, исходная длина
7	Определение скрытой теплоты плавления льда	Расчёт по энергии, затраченной на фазовый переход	Масса, температура, энергия
8	Исследование термодинамического цикла (цикл Карно, модельный)	Построение цикла, оценка КПД	Тепло, работа, температура
9	Статистический эксперимент: моделирование распределения частиц	Имитация макрораспределений в системах с микросостояниями	Распределения, средние значения
10	Итоговая лабораторная (комбинированная или проектная работа)	Подтверждение нескольких термодинамических законов	Системный подход, обоснование результатов

4.3. Материалы по практической части курса

4.3.1. Задачники (практикумы);

1. Иродов И.Е. – *Задачи по общей физике*
2. Савельев И.В. – *Курс общей физики. Задачи и упражнения. Том*
3. Земанский М., Дитманн Р. — *Теплота и термодинамика: курс и задачи*

4.4. Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов

1. Рассчитать изменение внутренней энергии идеального газа при изотермическом, изобарическом и изохорическом процессах, используя первое начало термодинамики. Привести выводы и графики зависимости.
2. Проанализировать условия фазового перехода первого рода на примере перехода жидкость–пар. Описать физический смысл параметров Клапейрона–Клаузиуса и провести расчет температуры кипения вещества при пониженном давлении.
3. Исследовать модель теплопроводности в твердых телах с использованием уравнения теплопроводности Фурье. Составить расчетную задачу и решить её с применением соответствующих граничных условий.

4. Построить изотермы Ван-дер-Ваальса для реального газа и определить область метастабильных и нестабильных состояний. Описать метод Максвелла для построения изотермы с равновесием фаз.
5. Описать процессы переноса массы, импульса и энергии в макросистемах, определить уравнения непрерывности и на их основе рассчитать стационарное распределение плотности потока в цилиндрической системе координат.
6. Рассчитать энтропию и её изменение при квазистатическом адиабатическом и необратимом процессе. Обосновать термодинамическое неравенство Клаузиуса и его применение к реальным макросистемам.
7. Исследовать критическое состояние вещества, определить критические параметры (температуру, давление, объем) на основе уравнения состояния. Привести примеры практического значения критических параметров в технических системах.

4.5. Образцы вариантов контрольных работ, тестов и/или других форм текущих и промежуточных контролей

Тест

Вариант 1

1. Как изменяется давление идеального газа при уменьшении объёма в 2 раза при постоянной температуре?
 - А) Уменьшается в 2 раза
 - Б) Увеличивается в 2 раза
 - В) Увеличивается в 4 раза
 - Г) Не изменяется
2. Средняя кинетическая энергия молекулы идеального газа пропорциональна:
 - А) массе молекулы
 - Б) объёму газа
 - В) температуре
 - Г) давлению
3. Первый закон термодинамики выражается уравнением:
 - А) $Q = A + \Delta U$
 - Б) $Q = \Delta U - A$

В) $A = Q + \Delta U$

Г) $Q = A - \Delta U$

4. Работа газа при изотермическом расширении рассчитывается по формуле:

А) $A = p \Delta V$

Б) $A = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$

В) $A = \Delta U$

Г) $A = C_V \Delta T$

5. Что происходит с внутренней энергией идеального одноатомного газа при адиабатическом расширении?

А) Увеличивается

Б) Не изменяется

В) Уменьшается

Г) Зависит от начального давления

6. Энтропия замкнутой системы:

А) Всегда остаётся постоянной

Б) Может уменьшаться

В) Может увеличиваться или уменьшаться

Г) Никогда не убывает

7. Какой процесс протекает при постоянной температуре?

А) Изобарный

Б) Изохорный

В) Адиабатный

Г) Изотермический

8. Уравнение состояния идеального газа:

А) $pV = nRT$

Б) $p = \rho gh$

В) $F = ma$

Г) $pV = \text{const}$

9. Коэффициент полезного действия идеального теплового двигателя Карно зависит от:

А) теплотворной способности топлива

Б) разности давлений

В) температуры нагревателя и холодильника

Г) объёма газа

10. При фазовом переходе первого рода (например, плавлении):

А) температура изменяется

Б) внутренняя энергия не меняется

В) происходит изменение агрегатного состояния

Г) энтропия не меняется

Ключи к тесту

№ вопроса	Правильный ответ
1	Б
2	В
3	А
4	Б
5	В
6	Г
7	Г
8	А
9	В
10	В

4.6. Перечень экзаменационных вопросов

1. Состояние системы. Процессы
2. Первое начало термодинамики
3. Теплоемкость идеального газа
4. Политропические процессы
5. Молекулярно-кинетическая теория
6. Гипотеза о равнораспределении энергии по степеням свободы
7. Газ Ван-дер-Ваальса
8. Вероятность. Средние значения
9. Распределение Максвелла
10. Опытная проверка распределения Максвелла
11. Распределение Больцмана
12. Второе начало термодинамики
13. Энтропия
14. О вычислении и применении энтропии

15. Статистический смысл второго начала термодинамики
16. Энтропия и вероятность
17. Термодинамические соотношения
18. Квантовые статистики
19. Распределение Ферми-Дирака для электронов в металлах
20. О зонной теории. Электропроводность
21. Распределение Бозе-Эйнштейна для фотонного газа
22. Теплоемкость твердого тела
23. Изотермы Ван-дер-Ваальса
24. Фазовые переходы
25. Жидкое состояние
26. Кристаллическое состояние
27. Плазма
28. Инверсная среда. Лазеры
29. Явления переноса
30. Молекулярно-кинетическая интерпретация явлений переноса

4.7. Образцы экзаменационных билетов

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра общей физики и квантовых наноструктур

Направление: Инфокоммуникационные технологии и системы связи
Дисциплина: Физика Макросистем
(бакалавриат III-ий курс, I-ый семестр)

Экзаменационный билет № **

1. Второе начало термодинамики
2. Изотермы Ван-дер-Ваальса
3. Задача. В закрытом сосуде объёмом $V=10$ л находится $n=0,5$ моль одноатомного идеального газа при температуре $T_1=300$ К. Газ медленно нагревают при постоянном объёме до температуры $T_2=600$ К. Определить изменение внутренней энергии газа, количество теплоты, переданное газу, работу, совершённую газом, изменение энтропии газа при нагревании, а также обсудить обратимость данного процесса.

Зав. кафедрой ОФКН _____ Д.Б. Айрапетян
20__ г.
