МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Физический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

и.о. декана _____ Малышев А.И.

« 30 » августа 2017 г.

Рабочая программа дисциплины

Статистическая физика и термодинамика
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
бакалавриат
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.03.02 Физика
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
«Физика конденсированного состояния»
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)
бакалавр
(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения
очно-заочная
(очная / очно-заочная / заочная)

Год набора
2016
(для обучающихся какого года набора разработана Рабочая программа)

Нижний Новгород – 2017

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Статистическая физика и термодинамика» относится к базовой части Б1.Б блока Б1 «Дисциплины (модули)», является обязательной для освоения, преподается на четвертом году обучения, в седьмом и восьмом семестрах. Освоению дисциплины предшествует освоение дисциплин (модулей) «Термодинамика и молекулярная физика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Теоретическая механика».

Целями освоения дисциплины «Статистическая физика и термодинамика» являются:

- овладение методами исследования физических объектов и процессов в окружающем мире, основанных на законах и принципах термодинамики и статистической физики;
- освоение студентами математического аппарата данной дисциплины, знания законов и принципов статистической физики и термодинамики;
- выработка у студентов практических навыков описания сложных процессов и закономерностей физики на языке адекватных и хорошо известных моделей.

2. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц, всего 216 часов, из которых 3 зачетных единицы, всего 108 часов, приходится на седьмой семестр и 3 зачетных единицы, всего 108 часов, приходится на восьмой семестр.

В седьмом семестре 49 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (1 час – мероприятия промежуточной аттестации; 16 часов занятия лекционного типа, 32 часа занятия семинарского типа (практические занятия), в том числе 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости), 59 часов составляет самостоятельная работа обучающегося в течение семестра.

В восьмом семестре 34 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (2 часа – мероприятия промежуточной аттестации; 16 часов занятия лекционного типа, 16 часов занятия семинарского типа (практические занятия), в том числе 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости), 74 часа составляет самостоятельная работа обучающегося (38 часов самостоятельная работа в течение семестра, 36 часов самостоятельная работа при подготовке к промежуточной аттестации).

Содержание дисциплины «Статистическая физика и термодинамика»

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	**Всего (часы)**	**В том числе**				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				**Самостоятельная работа в течение семестра, часы**
		Занятия лекционного типа	**Занятия семинарского типа**	**Занятия лабораторного типа**	**Всего**	
7 семестр						
1. Введение. Фазовое пространство. Микроканоническое распределение. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля. Микроканоническое распределение. Состояние термодинамического равновесия. Энтропия. Матрица плотности. Уравнение эволюции для матрицы плотности.	12	2	4	–	6	6

2. Каноническое распределение Гиббса. Каноническое распределение Гиббса. Энтропия и свободная энергия. Распределение Максвелла.	12	2	4	–	6	6
3. Основные положения термодинамики. Первое начало термодинамики. Основные термодинамические потенциалы. Обратимые и необратимые процессы. Второе начало термодинамики. Третье начало термодинамики, теорема Нернста.	12	2	4	–	6	6
4. Большое каноническое распределение Гиббса. Системы с переменным числом частиц. Большое каноническое распределение Гиббса. Необходимые условия термодинамического равновесия.	11	1	2	–	3	8
5. Классический идеальный газ. Классический идеальный газ. Распределение Больцмана. Основные термодинамические величины для идеального газа. Уравнение Клапейрона.	12	2	4	–	6	6
6. Флуктуации термодинамических величин. Максимальная работа. Достаточные условия термодинамического равновесия. Флуктуации термодинамических величин. Гауссов закон распределения для флуктуаций одной величины. Минимальная работа. Флуктуации температуры, объёма и энергии.	12	2	4	–	6	6
7. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Основные термодинамические величины. Ферми-газ при нулевой температуре. Уравнение состояния. Ферми-газ при конечной низкой температуре. Поправки к энергии и теплоёмкость. Бозе-газ при низких температурах. Явление бозе-конденсации.	12	2	4	–	6	6
8. Тепловое излучение. Тепловое излучение. Распределение Планка. Термодинамические величины для теплового излучения. Закон Кирхгофа и закон Стефана-Больцмана.	13	2	4	–	6	7
9. Теплоемкость твердых тел. Теплоёмкость твёрдых тел. Фононы. Теория Дебая.	11	1	2	–	3	8
В т.ч. текущий контроль	2	–	2	–	2	–
Промежуточная аттестация – **зачет**						
8 семестр						
10. Вещество в магнитном поле. Вещество в магнитном поле. Формула Ланжевена для намагниченности классического газа. Квантовая теория магнетизма. Диамагнитный и парамагнитный вклады в намагниченность газа.	11	2	2	–	4	7
11. Неидеальные газы и фазовые переходы первого рода. Неидеальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Правило Гиббса для многокомпонентной системы. Фазовые переходы в модели, описываемой уравнением Ван-дер-Ваальса. Критическая точка.	16	4	4	–	8	8
12. Кинетика. Кинетическое уравнение Больцмана.	15	4	4	–	8	7

Кинетика. Кинетическое уравнение Больцмана. Релаксационное приближение. Н-теорема Больцмана. Локально равновесное распределение.						
13. Кинетические коэффициенты и термоэлектрические явления. Расчёт коэффициентов диффузии и электропроводности. Формула Друде. Частные случаи уравнений для термоэлектрических явлений: теплопроводность, электропроводность, эффекты Томсона и Пельтье.	14	3	3	–	6	8
14. Диффузионные явления. Основное кинетическое уравнение. Уравнение Эйнштейна-Фоккера-Планка. Уравнение Эйнштейна-Фоккера-Планка для броуновской частицы. Формула Эйнштейна для дисперсии координаты. Соотношение Эйнштейна для коэффициентов диффузии и подвижности. Уравнение Ланжевена для броуновской частицы и его аналог в электрической цепи. Формула Найквиста.	14	3	3	–	6	8
В т.ч. текущий контроль	2	–	2	–	2	–
Промежуточная аттестация – **экзамен**						

3. Образовательные технологии

1) Чтение лекций;

2) сопровождение лекций написанием и выводом формул, построением графиков, изображением рисунков на доске;

3) методика «вопросы и ответы»;

4) выполнение практического задания у доски;

5) индивидуальная работа над практическим заданием;

6) работа в парах над практическим заданием;

7) работа в малых группах над практическим заданием;

8) методика «мозговой штурм».

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение конспектов лекций, выделенных разделов основной литературы, а также дополнительной литературы, выполнение практических заданий, отвечающих изучаемым разделам дисциплины, подготовку к промежуточной аттестации.

Перечень основной и дополнительной литературы для самостоятельного изучения приведен в п. 7 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации, примеры практических заданий приведены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-3 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	(ОПК-3) **Знать** области применимости основных моделей термодинамики и статистической физики. (ОПК-3) **Уметь** решать в рамках профессиональной деятельности задачи, требующие знания основ статистической физики и термодинамики.

	(ОПК-3) **Владеть** навыками решения основных типов задач статистической физики и термодинамики.
ПК-1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	(ПК-1) **Знать** принципы применения аппарата термодинамики и статистической физики в приложении к профильным физическим дисциплинам. (ПК-1) **Уметь** формулировать задачи в рамках профильных физических и дисциплин, требующие применения аппарата термодинамики и статистической физики. (ПК-1) **Владеть** навыками постановки и решения основных типов задач термодинамики и статистической физики, требующимися для моделирования профильных задач физики.
ПК-4 способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	(ПК-4) **Знать** принципы применения аппарата термодинамики и статистической физики в приложении к практическим задачам в рамках профессиональной деятельности. (ПК-4) **Уметь** формулировать практические задачи в рамках профессиональной деятельности, требующие применения аппарата термодинамики и статистической физики. (ПК-4) **Владеть** навыками постановки и решения основных типов задач термодинамики и статистической физики, требующимися для решения практических задач в рамках профессиональной деятельности.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Промежуточной аттестацией для дисциплины «Статистическая физика и термодинамика» в седьмом семестре является зачет, в восьмом – экзамен.

В **7 семестре** по итогам зачета выставляется оценка «Зачтено» или «Не зачтено». Оценка «Не зачтено» означает отсутствие аттестации, оценка «Зачтено» выставляется при успешном прохождении аттестации.

В **8 семестре** по итогам экзамена выставляется оценка по семибалльной шкале: оценки «Плохо» и «Неудовлетворительно» означают отсутствие аттестации, оценки «Удовлетворительно», «Хорошо», «Очень хорошо», «Отлично» и «Превосходно» выставляются при успешном прохождении аттестации.

6.2. Процедуры и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование (промежуточная аттестация).

Контрольные вопросы для индивидуального собеседования представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и навыков используются следующие процедуры и технологии:

- выполнение практических заданий (текущий контроль, промежуточная аттестация).

Примеры практических заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

В **7 семестре** критериями оценивания на зачете являются полнота знаний, наличие умений и владений (навыков), перечисленных в п. 5 настоящей Рабочей программы дисциплины.

«Не зачтено» – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

«Зачтено» – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности.

В **8 семестре** критериями оценивания на экзамене являются полнота знаний, наличие умений и владений (навыков), перечисленных в п. 5 настоящей Рабочей программы дисциплины.

«Плохо» – обучающийся не продемонстрировал никаких знаний об основных теоретических разделах курса, не показал никаких умений и навыков выполнения практических заданий;

«Неудовлетворительно» – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

«Удовлетворительно» – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности;

«Хорошо» – обучающийся продемонстрировал связное изложение основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

«Очень хорошо» – обучающийся продемонстрировал связное изложение практически всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

«Отлично» – обучающийся продемонстрировал связное изложение всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий повышенного уровня сложности;

«Превосходно» – обучающийся продемонстрировал уровень знаний в объеме, превышающем стандартную программу подготовки, и продемонстрировал творческий подход к выполнению практических заданий повышенного уровня сложности.

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

6.3.1. При проведении зачета в седьмом семестре обучающимся предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины «Статистическая физика и термодинамика»:

1. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля. Микроканоническое распределение.
2. Состояние термодинамического равновесия. Энтропия.
3. Матрица плотности. Уравнение эволюции для матрицы плотности.
4. Каноническое распределение Гиббса. Энтропия и свободная энергия.
5. Распределение Максвелла.
6. Первое начало термодинамики. Основные термодинамические потенциалы.
7. Обратимые и необратимые процессы. Второе начало термодинамики. Третье начало термодинамики, теорема Нернста.
8. Системы с переменным числом частиц. Большое каноническое распределение Гиббса.
9. Необходимые условия термодинамического равновесия.
10. Классический идеальный газ. Распределение Больцмана.
11. Основные термодинамические величины для идеального газа. Уравнение Клапейрона.
12. Максимальная работа. Достаточные условия термодинамического равновесия.
13. Флуктуации термодинамических величин. Гауссов закон распределения для флуктуаций одной величины.
14. Минимальная работа. Флуктуации температуры, объёма и энергии.
15. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Основные термодинамические величины.
16. Ферми-газ при нулевой температуре. Уравнение состояния.
17. Ферми-газ при конечной низкой температуре. Поправки к энергии и теплоёмкость.
18. Бозе-газ при низких температурах. Явление бозе-конденсации.
19. Тепловое излучение. Распределение Планка.
20. Термодинамические величины для теплового излучения. Закон Кирхгофа и закон Стефана-Больцмана.
21. Теплоёмкость твёрдых тел. Теория Дебая.

6.3.2. При проведении экзамена в восьмом семестре обучающимся предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины «Статистическая физика и термодинамика»:

1. Вещество в магнитном поле. Формула Ланжевена для намагниченности классического газа.
2. Квантовая теория магнетизма. Диамагнитный и парамагнитный вклады в намагниченность газа.
3. Неидеальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
4. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Правило Гиббса для многокомпонентной системы.
5. Фазовые переходы в модели, описываемой уравнением Ван-дер-Ваальса. Критическая точка.
6. Кинетика. Кинетическое уравнение Больцмана. Релаксационное приближение.
7. Кинетика. Н-теорема Больцмана.
8. Кинетика. Локально равновесное распределение.
9. Кинетика. Расчёт коэффициентов диффузии и электропроводности. Формула Друде.
10. Частные случаи уравнений для термоэлектрических явлений: теплопроводность, электропроводность, эффекты Томсона и Пельтье.
11. Диффузионные явления. Основное кинетическое уравнение. Уравнение Эйнштейна-Фоккера-Планка.

12. Уравнение Эйнштейна-Фоккера-Планка для броуновской частицы. Формула Эйнштейна для дисперсии координаты. Соотношение Эйнштейна для коэффициентов диффузии и подвижности.
13. Уравнение Ланжевена для броуновской частицы и его аналог в электрической цепи. Формула Найквиста.

6.3.3. Примеры практических заданий для практических занятий, самостоятельной работы обучающихся, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации:

1. Найти фазовый объём для частицы с законом дисперсии $E = \alpha p^4$, находящейся в объёме *V*.
2. Определить и начертить фазовую траекторию для частицы с зарядом $-q_1$, движущуюся в поле другой, неподвижной заряженной частицы с зарядом $+q_2$.Начальное расстояние между частицами r_0, начальная скорость равна нулю.
3. Доказать, что для случайной величины x с законом распределения $\rho(x)$ вероятность события, при котором x окажется больше некоторого значения a, удовлетворяет неравенству Чебышёва $w(x > a) \le \overline{x^2}/a^2$, где $\overline{x^2} = \int_{-\infty}^{+\infty} x^2 \rho(x) dx$.
4. Определить среднюю энергию $\overline{E}$ и относительную среднеквадратичную флуктуацию $\dfrac{\overline{\Delta E^2}}{\overline{E}^2}$ для квантового осциллятора с уровнями энергии $E_n = \hbar\omega n$, находящегося в контакте с термостатом при температуре T. Как выглядят результаты в пределе высоких температур $kT >> \hbar\omega$?
5. Определить убыль энтропии ΔS и дисперсию $\overline{\Delta\varphi^2}$ угла отклонения (через вычисление минимальной работы ΔR), возникающей при самопроизвольных малых колебаниях с амплитудой $\varphi << 1$ математического маятника длины l с грузом массы m в поле силы тяжести g при температуре термостата T.
6. Разреженный газ находится в сосуде при давлении p и температуре T. Определить скорость истечения газа $\upsilon_{out} = -dN/dt$ в вакууме через небольшое отверстие площади S при максвелловском распределении молекул газа по скоростям. Воспользоваться соотношением (объяснив его физический смысл): $-dN = dt \cdot n \cdot S \cdot \left(\dfrac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} \cdot \int_0^{\infty} \upsilon_x \, d\upsilon_x \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{m\upsilon^2}{2kT}} d\upsilon_y d\upsilon_z$, где n есть концентрация молекул газа.
7. Найти центр тяжести z_0 столба идеального газа в однородном поле тяжести, если известны ускорение свободного падения *g*, масса молекулы газа *m*, температура *T*.
8. Доказать, что изотерма не может дважды пересечь адиабату. Воспользоваться методом расчёта работы при круговом процессе, построенном на участках

изотермы и адиабаты, пересекающихся по предположению в двух различных точках *A* и *B*.

9. Найти среднюю кинетическую энергию $\langle E\rangle = \frac{m\langle v^2\rangle}{2}$ и наиболее вероятную энергию $E_0 = \frac{mv_0^2}{2}$, где v_0 есть точка максимума распределения Максвелла по модулям скоростей для идеального газа.
10. *N* частиц идеального газа занимают объём *V*. Происходит флуктуация, в результате которой все частицы газа собираются в объёме *V/2*. Найти вероятность такой флуктуации.
11. Найти распределение вероятностей $W(\omega_1, \omega_2, \omega_3,)$ для угловых скоростей вращения молекулы в отсутствии внешних полей при температуре *T*, если её кинетическая энергия $\epsilon = \frac{I_1\omega_1^2}{2} + \frac{I_2\omega_2^2}{2} + \frac{I_3\omega_3^2}{2}$, где $I_{1,2,3}$ - главные моменты инерции.
12. Частицы, обладающие спином ½ и магнитным моментом μ, находятся в постоянном магнитном поле *H*. Считая, что энергия частицы в магнитном поле для параллельного с магнитным полем спина даётся зеемановским слагаемым $\varepsilon_1 = \varepsilon_0 - \mu H$, а при антипараллельном - $\varepsilon_2 = \varepsilon_0 + \mu H$, где ε_0 есть энергия в отсутствии магнитного поля, найти отношение n_1/n_2 числа частиц с параллельными и антипараллельными спинами при температуре *T*.
13. Найти изменение энтропии тела ΔS при его расширении на ΔV (выполняется условие $\frac{\Delta V}{V} \ll 1$) при постоянном давлении P. Считать известными теплоёмкость c_p, тепловой коэффициент расширения $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$, и выражение для энтропии идеального газа $S = -Nk\ln P + N\,c_p \ln T$.
14. Получить уравнение состояния $PV = \frac{E}{3}$ для полностью вырожденного (*T=0*) электронного ультрарелятивистского газа с законом дисперсии $\varepsilon(p) = cp$.
15. Найти теплоёмкость одного для *N* частиц идеального газа, находящихся в однородном поле тяжести внутри цилиндра с площадью основания *S*, с бесконечно высокими стенками.
16. Найти совершаемую над идеальным газом работу и количество тепла, получаемое им при сжатии от объёма V_1 до объёма V_2 при политропическом процессе $PV^n = a$.
17. Вывести распределение Больцмана для плотности идеального газа в однородном поле тяжести из кинетического уравнения, пренебрегая столкновениями молекул.
18. Для газа Ван-дер-Ваальса найти изменение температуры при расширении в вакуум от объёма V_1 до объёма V_2.

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

1. Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 №55-ОД.

2. Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. – Теоретическая физика, Т. 9. – М.: Наука, 1978. – 448 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=301124&DB=1
2. Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А. – Курс теоретической физики, Том II. – М.: Наука, 1971. – 936 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=72317
3. Сборник задач по статистической физике / Морозов В.П., Гаревский А.С., Голубева Н.Г. и др. – Горький: [б. и.], 1980. – 66 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=240645&DB=1
4. Сборник задач по теоретической физике (авторы Л.Г. Гречко, В.И. Сугаков, О.Ф. Томасевич, А.М. Федорченко). – М.: Высшая школа, 1972. – 336 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=72328&DB=1

б) дополнительная литература:

1. Ансельм, А.И. – Основы статистической физики и термодинамики : учеб. пособие. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2007. – 448 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/692.
2. Терлецкий Я.П. – Статистическая физика : [учеб. пособие для физ. фак. ун-тов]. – М.: Высшая школа, 1973. – 278 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=241592

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ http://www.lib.unn.ru/.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины обусловлено наличием учебных аудиторий для проведения занятий, оборудованных специализированной мебелью, меловыми или магнитно-маркерными досками для представления учебной информации большой аудитории. Ресурс мела и маркеров для доски в учебных аудиториях регулярно возобновляется.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (на базе Фундаментальной библиотеки ННГУ) оснащены компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Автор:

доцент кафедры теоретической физики
физического факультета,
к. ф.-м. н., доцент _____ / Хомицкий Д.В. /

Рецензент:

И.о. зав. кафедрой теоретической физики
физического факультета,
д. ф.-м. н., доцент _____ / Бурдов В.А. /

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии физического факультета ННГУ от 30 августа 2017 года, протокол № б/н

Председатель
Учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ _____ / Сдобняков В.В. /