



Факультет	Математики, физики и информатики	
Кафедра	Общей и теоретической физики	
Направление подготовки	44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)	
Направленность (профиль)	Физика и Математика	
	Физика неравновесных сред	Б1.В.ДВ.20.02

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого»
(ФГБОУ ВО «ТГПУ им. Л. Н. Толстого»)

УТВЕРЖДЕНА
на заседании Ученого совета университета
протокол № 5 от «31» мая 2018 г.

Рабочая программа дисциплины
«ФИЗИКА НЕРАВНОВЕСНЫХ СРЕД»

Трудоемкость: 3 зачетные единицы

Квалификация выпускника: Бакалавр

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2015

И.о. заведующего кафедрой _____

А.П. Плотников

Декан факультета _____

И.Ю. Реброва

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата	3
3. Объем дисциплины и виды учебной работы.....	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий	4
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	5
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине	6
6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы	6
6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	6
6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.....	7
6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	11
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	12
7.1. Основная литература	12
7.2. Дополнительная литература	12
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	12
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.....	14
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине	15
12. Аннотация рабочей программы дисциплины	16
13. Лист регистрации изменений к рабочей программе дисциплины	17

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Достижение планируемых результатов обучения, соотнесенных с общими целями и задачами ОПОП, является целью освоения дисциплины.

Планируемые результаты освоения образовательной программы (код и название компетенции)	Планируемые результаты обучения	Этапы формирования компетенции в процессе освоения образовательной программы
способность использовать основы философских и социогуманитарных знаний для формирования научного мировоззрения (ОК-1)	<p>Выпускник знает: философские основы становления и развития физики XX века;</p> <p>Умеет: выделять вклад представлений о природе в современной физике в развитие философского знания и научной картины мира в целом;</p> <p>Владеет и (или) имеет опыт деятельности: анализа этапов становления физики XX века для формирования научного мировоззрения</p>	Этапы формирования компетенции формируются в соответствии с учебным планом и основной образовательной программой
способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития для формирования патриотизма и гражданской позиции (ОК-2)	<p>Выпускник знает: основные этапы и условия становления и развития физики XX века;</p> <p>Умеет: выявлять вклад ученых и инженеров XX века в развитие современной физики для формирования гражданской позиции;</p> <p>Владеет и (или) имеет опыт деятельности: анализа деятельности ученых и инженеров XX века для формирования гражданской позиции;</p>	Этапы формирования компетенции формируются в соответствии с учебным планом и основной образовательной программой
способность осуществлять педагогическое сопровождение социализации и профессионального самоопределения обучающихся (ПК-5)	<p>Выпускник знает: о современной научной парадигме, об основных открытиях физики неравновесных сред, а также об основных задачах, стоящих перед современной физикой и о нерешённых её проблемах;</p> <p>Умеет: Используя знания физической кинетики, объяснять явления, происходящие в различных неравновесных системах, а также адекватно оценивать уровень развития современной физики;</p> <p>Владеет и (или) имеет опыт деятельности: вычисления различных параметров, характеризующих неравновесные процессы, протекающие в неравновесных системах; выявления связи современных научных достижений со школьным курсом физики</p>	Этапы формирования компетенции формируются в соответствии с учебным планом и основной образовательной программой

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП БАКАЛАВРИАТА

Дисциплина «Физика неравновесных сред» относится к дисциплинам вариативной части

дисциплин направления.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем зачетных единиц / часов по формам обучения
Максимальная учебная нагрузка (всего)	3/108
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	22
в том числе:	
лекции	8
практические занятия	12
контрольные работы	2
другие виды контактной работы	
Самостоятельная работа студента (всего)	86
в том числе:	
внеаудиторная самостоятельная работа по подготовке к лекционным занятиям	30
внеаудиторная самостоятельная работа по подготовке к лабораторным занятиям и защите отчета	
внеаудиторная самостоятельная работа при подготовке к практическим занятиям	30
подготовка учебного проекта	
подготовка к контрольной работе	24
выполнение заданий для самостоятельной работы в системе управления обучением MOODLE	2
Промежуточная аттестация в форме зачета	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Наименование тем (разделов)	Количество академических или астрономических часов по видам учебных занятий			
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Другие виды учебных занятий	Самостоятельная работа обучающихся
Тема 1. Концепция столкновений. Кинетический метод вывода уравнения Больцмана.	2	2		20
Тема 2. Вывод уравнения Больцмана из уравнения Лиувилля (по Боголюбову)	2	4		20
Тема 3. Некоторые приложения кинетического уравнения Больцмана.	2	4		20
Тема 4. Понятие о случайных процессах. Теория броуновского движения	2	2		26
Контроль самостоятельной работы студентов			2	
ИТОГО:	8	12	2	86

Тема 1. Концепция столкновений. Кинетический метод вывода уравнения Больцмана.

Законы взаимодействия молекул. Бинарные столкновения частиц. Дифференциальное и полное сечения рассеяния.

Неравновесная функция распределения. Вывод дрейфового члена в кинетическом уравнении Больцмана. Вывод члена столкновений в уравнении Больцмана. Кинетическое уравнение Больцмана. Интеграл столкновений. Различные формы записи и некоторые свойства интеграла столкновений.

H – теорема Больцмана. Необходимость более строгого подхода к выводу кинетического уравнения.

Тема 2. Вывод уравнения Больцмана из уравнения Лиувилля (по Боголюбову)

Концепция ансамбля. Вывод уравнения Лиувилля. Γ и μ – пространства, формализм их использования в статистической физике.

Система уравнений Боголюбова для многочастичных функций распределения. Физический смысл цепочки уравнений Боголюбова и возможность её обрыва.

Понятие о методе Боголюбова решения БГКИ – цепочки уравнений. Вывод интеграла столкновений и кинетического уравнения Больцмана из интеграла столкновений и кинетического уравнения Боголюбова.

Тема 3. Некоторые приложения кинетического уравнения Больцмана

Применение кинетического уравнения Больцмана к равновесным системам. Распределения Максвелла и Максвелла-Больцмана. Приближение времени релаксации. τ - приближение для расчетов электропроводности в металлах. Кинетическое уравнение Власова с самосогласованным полем для плазменноподобных сред..

Тема 4. Понятие о случайных процессах. Теория броуновского движения

Теория броуновского движения. Понятие о случайных процессах. Марковские процессы. Уравнение Смолуховского. Уравнение Фоккера-Планка.

Тематика занятий семинарского типа

Тема 1	Практические занятия	2ч	Кинетическое уравнение Больцмана.
Тема 2	Практические занятия	4ч	Метод Боголюбова решения БГКИ – цепочки уравнений.
Тема 3	Практические занятия	4ч	Применение кинетического уравнения Больцмана к некоторым равновесным системам.
Тема 4.	Практические занятия	2ч	Броуновское движение

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа обучающихся, направленная на углубление и закрепление знаний, а также развитие практических умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

- самостоятельном изучении теоретического материала дисциплины с использованием лекционного материала, модульной объектно-ориентированной динамической учебной среды Moodle, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- выполнении домашних заданий;
- изучении теоретического материала к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовке к зачету.

Комплект учебно-методического сопровождения дисциплины (опорные конспекты лекций, методические рекомендации по выполнению лабораторных работ, электронный вариант РПД), доступен студентам в ЭБС, в системе управления обучением MOODLE, из локальной сети ФГБОУ ВО «ТГПУ им. Л. Н. Толстого», Интернет-сайта университета из раздела «Электронное обучение» и может использоваться в процессе выполнения самостоятельной работы.

При подготовке к практическим занятиям студентам доступны следующие учебно-

методические ресурсы:

Алтунин К.К. Статистическая физика и термодинамика: учебно-методическое пособие / К.К. Алтунин. – 2-е изд. – М.: Директ-Медиа, 2014. – 83 с. – ISBN 978-5-4475-0325-3; То же [Электронный ресурс]. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240555>.

Ефремов Ю.С. Статистическая физика и термодинамика: учебное пособие / Ю.С. Ефремов. – М.; Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 208 с.: ил. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-4620-5; То же [Электронный ресурс]. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428682>.

Иродов И.Е. Физика макросистем. Основные законы: учебное пособие / И.Е. Иродов. – 6-е изд. (эл.). – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 210 с.: схем., табл., ил. – (Технический университет. Общая физика). – ISBN 978-5-9963-2589-4; То же [Электронный ресурс]. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=95479>.

Краснопевцев Е.А. Спецглавы физики: статистическая физика равновесных систем: учебное пособие / Е.А. Краснопевцев. – Новосибирск: НГТУ, 2014. – 387 с.: граф., схем., ил. – (Учебники НГТУ). – Библиогр.: с. 382-383. – ISBN 978-5-7782-2565-7; То же [Электронный ресурс]. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436229>.

Курс «Статистическая термодинамика». URL: <http://moodle.tsput.ru/course/view.php?id=16364>.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Этапы формирования компетенции формируются в соответствии с учебным планом и основной образовательной программой.

6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Компетенции «способность использовать основы философских и социогуманитарных знаний для формирования научного мировоззрения» (ОК-1), «способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития для формирования патриотизма и гражданской позиции» (ОК-2), «способность осуществлять педагогическое сопровождение социализации и профессионального самоопределения обучающихся» (ПК-5).

Дескриптор компетенций	Показатели оценивания	Критерии оценивания
Знания	философских основ становления и развития физики XX века; основных этапов и условий становления и развития физики XX века; Основные определения физики неравновесных процессов; метод Боголюбова решения ББГКИ – цепочки уравнений; некоторые применение кинетического уравнения Больцмана к равновесным системам; основные понятия и определения физики случайных процессов. Марковские процессы;	Отметка «зачтено» выставляется, если студент в целом за семестр набрал от 41 до 100 баллов (с учетом баллов, набранных на промежуточной аттестации (зачете)).
Умения	выделять вклад представлений о природе в современной физике в развитие философского знания и научной картины мира в целом; выявлять вклад ученых и инженеров XX века в развитие современной физики для формирования гражданской позиции; Вывести интеграл столкновений и кинетическое	Отметка «не зачтено» выставляется, если студент в

	уравнение Больцмана исходя из концепции столкновений и из уравнения Лиувилля; записать кинетическое уравнение Власова, уравнение Смолуховского и уравнение Фоккера-Планка;	целом за семестр набрал менее 41 балла (с учетом баллов, набранных на промежуточной аттестации (зачете))
Навыки и (или) опыт деятельности	анализа этапов становления физики XX века для формирования научного мировоззрения; анализа деятельности ученых и инженеров XX века для формирования гражданской позиции; вычисления различных параметров, характеризующих неравновесные процессы, протекающие в неравновесных системах; выявления связи современных научных достижений со школьным курсом физики	

Критерии оценивания компетенций формируются на основе балльно-рейтинговой системы с помощью всего комплекса методических материалов, определяющих процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих данный этап формирования компетенций.

Баллы, набранные студентом в течение семестра	Баллы за промежуточную аттестацию (зачет)	Общая сумма баллов за модуль в семестр	Отметка
21 – 80	0 – 20	41 – 100	Зачтено
0 – 20	0 – 20	0 – 40	Не зачтено

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

Типовые варианты индивидуальных домашних заданий

1. *Выразить интеграл столкновений через дифференциальное сечение столкновения частиц.*
2. *Получить кинетическое уравнение, описывающее явления переноса в одноатомном газе при наличии только упругого столкновения частиц газа*
3. *Вывести дрейфовый член в кинетическом уравнении Больцмана.*
4. *Вывести член столкновений в уравнении Больцмана.*
5. *Получить распределение Максвелла из кинетического уравнения Боголюбова*

Типовые варианты срезовых контрольных работ

1. *Используя уравнение Больцмана, вычислить коэффициент теплопроводности в τ -приближении*
2. *Используя уравнение Больцмана, вычислить коэффициент вязкости в τ -приближении.*
3. *Получить выражение для коэффициента диффузии в случае, когда частота столкновений частиц не зависит от скорости столкновений.*
4. *Применить τ - приближение для расчета коэффициента электропроводности металла*

1. Кинетическое уравнение Больцмана для функции распределения $f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)$

$$1.1. \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial \mathbf{r}} + \frac{\mathbf{F}(\mathbf{r}, t)}{m} \cdot \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial \mathbf{v}} = I_{\text{ст}}(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t); *$$

$$1.2. \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial t} + \mathbf{r} \cdot \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial \mathbf{r}} + \frac{\mathbf{F}(\mathbf{r}, t)}{m} \cdot \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial \mathbf{v}} = I_{\text{ст}}(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t);$$

$$1.3. \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial \mathbf{r}} - \frac{\mathbf{F}(\mathbf{r}, t)}{m} \cdot \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial \mathbf{v}} = I_{\text{ст}}(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t);$$

$$1.4. \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial \mathbf{r}} + \mathbf{F}(\mathbf{r}, t) \cdot \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial \mathbf{v}} = I_{\text{ст}}(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t);$$

2. Интеграл столкновений Больцмана:

$$2.1. I_{\text{ст}}(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t) = \int d\mathbf{v}_1 \int d\Omega \cdot v_{\text{отн}} \sigma(\theta, v_{\text{отн}}) \cdot (f(\mathbf{r}, \mathbf{v}'_1, t) \cdot f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t) - f(\mathbf{r}, \mathbf{v}_1, t) \cdot f(\mathbf{r}, \mathbf{v}', t)); *$$

$$2.2. I_{\text{ст}}(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t) = \int d\mathbf{v}_1 \int d\Omega \cdot v_{\text{отн}} \sigma(\theta, v_{\text{отн}}) \cdot (f(\mathbf{r}, \mathbf{v}'_1, t) \cdot f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t) + f(\mathbf{r}, \mathbf{v}_1, t) \cdot f(\mathbf{r}, \mathbf{v}', t));$$

$$2.3. I_{\text{ст}}(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t) = \int d\mathbf{v}_1 \int d\Omega \cdot \mathbf{v}' \sigma(\theta, \mathbf{v}') \cdot (f(\mathbf{r}, \mathbf{v}'_1, t) \cdot f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t) - f(\mathbf{r}, \mathbf{v}_1, t) \cdot f(\mathbf{r}, \mathbf{v}', t));$$

$$2.4. I_{\text{ст}}(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t) = \int d\mathbf{v}_1 \int d\Omega \cdot \mathbf{v}' \sigma(\theta, v_{\text{отн}}) \cdot (f(\mathbf{r}, \mathbf{v}'_1, t) \cdot f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t) - f(\mathbf{r}, \mathbf{v}_1, t) \cdot f(\mathbf{r}, \mathbf{v}', t));$$

3. Оператор Гамильтона взаимодействующих друг с другом N частиц, находящихся во внешнем силовом поле, канонические уравнения Гамильтона:

3.1.

$$H = \sum_{i=1}^N \frac{\mathbf{p}_i^2}{2m} + \sum_{i=1}^N \Phi_0(\mathbf{r}_i, t) + \sum_{1 \leq i < j \leq N} \Phi_{ij}(|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|); \quad \dot{\mathbf{r}}_i = \frac{\partial H}{\partial \mathbf{p}_i}, \quad \dot{\mathbf{p}}_i = -\frac{\partial H}{\partial \mathbf{r}_i} \quad (i = 1, \dots, N); *$$

$$3.2. H = \sum_{i=1}^N \frac{\mathbf{p}_i^2}{2m} + \sum_{i=1}^N \Phi_0(\mathbf{r}_i, t) + \sum_{1 \leq i < j \leq N} \Phi_{ij}(|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|); \quad \dot{\mathbf{r}}_i = \frac{\partial H}{\partial \mathbf{p}_i}, \quad \dot{\mathbf{p}}_i = \frac{\partial H}{\partial \mathbf{r}_i} \quad (i = 1, \dots, N);$$

3.3.

$$H = \sum_{i=1}^N \frac{\mathbf{p}_i^2}{2m} + \sum_{i=1}^N \Phi_0(\mathbf{r}_i, t) + \sum_{1 \leq i < j \leq N} \Phi_{ij}(|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|); \quad \dot{\mathbf{r}}_i = -\frac{\partial H}{\partial \mathbf{p}_i}, \quad \dot{\mathbf{p}}_i = \frac{\partial H}{\partial \mathbf{r}_i} \quad (i = 1, \dots, N);$$

3.4.

$$H = \sum_{i=1}^N \frac{\mathbf{p}_i^2}{2m} + \sum_{i=1}^N \Phi_0(\mathbf{r}_i, t) + \sum_{1 \leq i < j \leq N} \Phi_{ij}(|\mathbf{p}_i - \mathbf{p}_j|); \quad \dot{\mathbf{r}}_i = \frac{\partial H}{\partial \mathbf{p}_i}, \quad \dot{\mathbf{p}}_i = -\frac{\partial H}{\partial \mathbf{r}_i} \quad (i = 1, \dots, N);$$

4. Цепочка уравнений Боголюбова (цепочка уравнений БГКИ):

$$\frac{\partial f_k}{\partial t} + i \hat{L}_k f_k = n \int \left(\sum_{j=1}^k \hat{\Theta}_{jk+1} f_{k+1} \right) d\mathbf{r}_{k+1} d\mathbf{p}_{k+1} \quad (k = 1, \dots, N)$$

4.1 где $\hat{L}_k = -i \sum_{j=1}^k \left(\mathbf{v}_j \frac{\partial}{\partial \mathbf{r}_j} + \mathbf{F}_0(\mathbf{r}_j, t) \frac{\partial}{\partial \mathbf{p}_j} \right) + i \sum_{1 \leq j < l \leq k} \hat{\Theta}_{jl}$ – оператор Лиувилля, *

а оператор $\hat{\Theta}_{jl} = \frac{\partial \Phi_{jl}}{\partial \mathbf{r}_j} \frac{\partial}{\partial \mathbf{p}_j} - \frac{\partial \Phi_{jl}}{\partial \mathbf{r}_l} \frac{\partial}{\partial \mathbf{p}_l}$

$$\frac{\partial f_k}{\partial t} + i \hat{L}_k f_k = n \int \left(\sum_{j=1}^k \hat{\Theta}_{jk+1} f_{k+1} \right) d\mathbf{r}_{k+1} d\mathbf{p}_{k+1} \quad (k = 1, \dots, N)$$

4.2. где $\hat{L}_k = -i \sum_{j=1}^k \left(\mathbf{v}_j \frac{\partial}{\partial \mathbf{r}_j} + \mathbf{F}_0(\mathbf{r}_j, t) \frac{\partial}{\partial \mathbf{p}_j} \right) + i \sum_{1 \leq j < l \leq k} \hat{\Theta}_{jl}$ – оператор Лиувилля, ;

а оператор
$$\hat{\Theta}_{jl} = \frac{\partial \Phi_{jl}}{\partial \mathbf{r}_j} \frac{\partial}{\partial \mathbf{p}_j} + \frac{\partial \Phi_{jl}}{\partial \mathbf{r}_l} \frac{\partial}{\partial \mathbf{p}_l}$$

$$\frac{\partial f_k}{\partial t} + i \hat{L}_k f_k = n \int \left(\sum_{j=1}^k \hat{\Theta}_{jk+1} f_{k+1} \right) d\mathbf{r}_{k+1} d\mathbf{p}_{k+1} \quad (k = 1, \dots, N)$$

4.3. где $\hat{L}_k = -i \sum_{j=1}^k \left(\mathbf{p}_j \frac{\partial}{\partial \mathbf{r}_j} + \mathbf{F}_0(\mathbf{p}_j, t) \frac{\partial}{\partial \mathbf{p}_j} \right) + i \sum_{1 \leq j < l \leq k} \hat{\Theta}_{jl}$ – оператор Лиувилля, ;

а оператор
$$\hat{\Theta}_{jl} = \frac{\partial \Phi_{jl}}{\partial \mathbf{r}_j} \frac{\partial}{\partial \mathbf{p}_j} - \frac{\partial \Phi_{jl}}{\partial \mathbf{r}_l} \frac{\partial}{\partial \mathbf{p}_l}$$

$$\frac{\partial f_k}{\partial t} + i \hat{L}_k f_k = n \int \left(\sum_{j=1}^k \hat{\Theta}_{jk+1} f_{k+1} \right) d\mathbf{r}_k d\mathbf{p}_k \quad (k = 1, \dots, N)$$

4.4. где $\hat{L}_k = -i \sum_{j=1}^k \left(\mathbf{v}_j \frac{\partial}{\partial \mathbf{r}_j} + \mathbf{F}_0(\mathbf{r}_j, t) \frac{\partial}{\partial \mathbf{p}_j} \right) + i \sum_{1 \leq j < l \leq k} \hat{\Theta}_{jl}$ – оператор Лиувилля, ;

а оператор
$$\hat{\Theta}_{jl} = \frac{\partial \Phi_{jl}}{\partial \mathbf{r}_j} \frac{\partial}{\partial \mathbf{p}_j} - \frac{\partial \Phi_{jl}}{\partial \mathbf{r}_l} \frac{\partial}{\partial \mathbf{p}_l}$$

5. Параметр плотности, условие возможности обрыва цепочки уравнений Боголюбова

5.1. $\varepsilon = n \cdot r_0^3 \ll 1$;*

5.2. $\varepsilon = n \cdot r_0^2 \ll 1$;

5.3. $\varepsilon = n \cdot r_0^3 \gg 1$;

5.4. $\varepsilon = n \cdot r_0^2 \gg 1$;

6. Определение концентрации молекул, их средней скорости и температуры через функцию распределения $f(\mathbf{v})$:

6.1 $n = \int f(\mathbf{v}) d\mathbf{v}$, $\mathbf{u} = \frac{1}{n} \int \mathbf{v} f(\mathbf{v}) d\mathbf{v}$, $\frac{3}{2} kT = \frac{1}{n} \frac{m}{2} \int (\mathbf{v} - \mathbf{u})^2 f(\mathbf{v}) d\mathbf{v}$ *

6.2 $n = \int f(\mathbf{v}) d\mathbf{v}$, $\mathbf{u} = \int \mathbf{v} f(\mathbf{v}) d\mathbf{v}$, $\frac{3}{2} kT = \frac{1}{n} \frac{m}{2} \int (\mathbf{v} - \mathbf{u})^2 f(\mathbf{v}) d\mathbf{v}$

6.3 $n = \int f(\mathbf{v}) d\mathbf{v}$, $\mathbf{u} = \frac{1}{n} \int \mathbf{v} f(\mathbf{v}) d\mathbf{v}$, $\frac{3}{2} kT = \frac{1}{n} \int (\mathbf{v} - \mathbf{u})^2 f(\mathbf{v}) d\mathbf{v}$

$$6.4 \quad n = \int f(\mathbf{v}) d\mathbf{v}, \quad \mathbf{u} = \frac{1}{n} \int \mathbf{v} f(\mathbf{v}) d\mathbf{v}, \quad \frac{3}{2} kT = \frac{m}{2} \int (\mathbf{v} - \mathbf{u})^2 f(\mathbf{v}) d\mathbf{v}$$

7. Распределение Максвелла по скоростям, распределение Больцмана по координатам частиц идеального газа, находящегося во внешнем поле $\Phi_0(\mathbf{r})$

$$7.1. \quad f(\mathbf{v}) = n \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} \exp \left\{ -\frac{m(\mathbf{v} - \mathbf{u})^2}{2kT} \right\}, \quad f(\mathbf{r}) = n \frac{\exp \{ -\Phi_0(\mathbf{r})/kT \}}{\int \exp \{ -\Phi_0(\mathbf{r})/kT \} d\mathbf{r}} ; *$$

$$7.2. \quad f(\mathbf{v}) = n \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} \exp \left\{ -\frac{m(\mathbf{v} - \mathbf{u})^2}{kT} \right\}, \quad f(\mathbf{r}) = n \frac{\exp \{ -\Phi_0(\mathbf{r})/kT \}}{\int \exp \{ -\Phi_0(\mathbf{r})/kT \} d\mathbf{r}} ;$$

$$7.3. \quad f(\mathbf{v}) = n \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} \exp \left\{ -\frac{m(\mathbf{v} - \mathbf{u})^2}{2kT} \right\}, \quad f(\mathbf{r}) = n \frac{\exp \{ \Phi_0(\mathbf{r})/kT \}}{\int \exp \{ -\Phi_0(\mathbf{r})/kT \} d\mathbf{r}} ;$$

$$7.4. \quad f(\mathbf{v}) = n \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} \exp \left\{ \frac{m(\mathbf{v} - \mathbf{u})^2}{2kT} \right\}, \quad f(\mathbf{r}) = n \frac{\exp \{ -\Phi_0(\mathbf{r})/kT \}}{\int \exp \{ -\Phi_0(\mathbf{r})/kT \} d\mathbf{r}} ;$$

8. Кинетическое уравнение Больцмана в приближении времени релаксации:

$$8.1. \quad \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial \mathbf{r}} + \frac{\mathbf{F}(\mathbf{r}, t)}{m} \cdot \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial \mathbf{v}} = -\frac{f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t) - f_0(\mathbf{v})}{\tau} ; *$$

$$8.2. \quad \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial \mathbf{r}} + \mathbf{F}(\mathbf{r}, t) \cdot \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial \mathbf{v}} = -\frac{f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t) - f_0(\mathbf{v})}{\tau} ;$$

$$8.3. \quad \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial \mathbf{r}} + \frac{\mathbf{F}(\mathbf{r}, t)}{m} \cdot \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial \mathbf{v}} = \frac{f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t) - f_0(\mathbf{v})}{\tau} ;$$

$$8.4. \quad \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial t} - \mathbf{v} \cdot \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial \mathbf{r}} - \frac{\mathbf{F}(\mathbf{r}, t)}{m} \cdot \frac{\partial f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)}{\partial \mathbf{v}} = -\frac{f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t) - f_0(\mathbf{v})}{\tau} ;$$

9. Уравнение Ланжевена (γ - коэффициент трения, $Y_x(t)$ - случайная функция - сила Ланжевена)

$$9.1. \quad \frac{d\mathbf{v}}{dt} + \gamma \mathbf{v} = \mathbf{Y}(t) ; *$$

$$9.2. \quad \frac{d\mathbf{v}}{dt} - \gamma \mathbf{v} = \mathbf{Y}(t) ;$$

$$9.3. \quad \frac{d\mathbf{v}}{dx} + \gamma \mathbf{v} = \mathbf{Y}(t) ;$$

$$9.4. \quad \frac{d\mathbf{v}}{dt} + \gamma \mathbf{Y}(t) = \mathbf{v} ;$$

10. Формула Эйнштейна-Смолуховского

$$10.1. \quad \Delta x = \sqrt{\frac{kT}{3\pi R\eta}} \cdot \sqrt{t} ; *$$

$$10.2. \Delta x = \sqrt{\frac{kT}{3\pi R\eta}} \cdot t;$$

$$10.3. \Delta x = \sqrt{\frac{3\pi R\eta}{kT}} \cdot \sqrt{t};$$

$$10.4. \Delta x = \sqrt{\frac{kT}{3\pi R\eta}} \cdot t^2;$$

Примерные вопросы к зачету

1. Основные определения и этапы развития физики неравновесных процессов.
2. Основные понятия теории вероятностей, используемые в статистической физики.
3. Законы взаимодействия молекул.
4. Бинарные столкновения частиц.
5. Дифференциальное и полное сечения рассеяния.
6. Неравновесная функция распределения.
7. Вывод дрейфового члена в кинетическом уравнении Больцмана.
8. Вывод члена столкновений в уравнении Больцмана.
9. Кинетическое уравнение Больцмана.
10. Интеграл столкновений.
11. Различные формы записи и некоторые свойства интеграла столкновений.
12. H – теорема Больцмана.
13. Необходимость более строгого подхода к выводу кинетического уравнения.
14. Основные положения концепции ансамбля.
15. Уравнения Лиувилля.
16. Γ и μ – пространства, формализм их использования в статистической физике.
17. Система уравнений Боголюбова для многочастичных функций распределения.
18. Физический смысл цепочки уравнений Боголюбова и возможность её обрыва.
19. Метод Боголюбова решения ББККИ – цепочки уравнений.
20. Вывод интеграла столкновений и кинетического уравнения Больцмана из интеграла столкновений и кинетического уравнения Боголюбова.
21. Применение кинетического уравнения Больцмана к равновесным системам. Распределения Максвелла и Максвелла-Больцмана.
22. Приближение времени релаксации.
23. τ - приближение для расчетов электропроводности в металлах.
24. Кинетическое уравнение Власова с самосогласованным полем для плазменноподобных сред.
25. Теория броуновского движения.
26. Понятие о случайных процессах. Марковские процессы. Уравнение Смолуховского. Уравнение Фоккера-Планка.

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

Описание балльно-рейтинговой системы по дисциплине

Описание балльно-рейтинговой системы по дисциплине

Итоговая рейтинговая оценка по дисциплине «Физика неравновесных сред» складывается

из следующих составляющих.

В течение семестра студентам необходимо выполнить 2 индивидуальных домашних задания, содержащих типовые задачи, решение которых разбирается на практических занятиях. Выполнение каждого индивидуального домашнего задания в установленный срок оценивается максимально в 8 баллов. При задержке сдачи индивидуального домашнего задания не более чем на 1 неделю работа оценивается максимально в 4 балла. При задержке сдачи индивидуального домашнего задания более чем на 1 неделю от установленного срока работа не оценивается.

По материалам лекций предусмотрено 2 проверочные работы (тестирование), выполнение которых максимально оценивается в 10 баллов.

Обязательной формой текущей аттестации знаний является срезовая контрольная работа. Максимальная оценка на контрольной работе может составить 20 баллов.

Самостоятельная работа студента включает в себя выполнение индивидуальных заданий, оцениваемых максимально в 30 баллов.

Активность студентов на занятиях поощряется дополнительными баллами в размере от 0,5 до 5 за весь курс, при условии не превышения максимального суммарного значения.

Студентам, желающим повысить свой рейтинг, предлагаются задания повышенной сложности (творческие задания), которые максимально могут быть оценены в 5 баллов, при условии выполнения всех обязательных заданий в курсе и не превышения максимального суммарного значения.

На зачете ответ студента может быть максимально оценен в 20 баллов.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная литература

1. Румер Ю.Б., Рывкин М. Ш. «Термодинамика, статистическая физика и кинетика» : учебное пособие для студентов физических специальностей вузов / Ю.Б. Румер, М.Ш. Рывкин. - Новосибирск : Изд. Новосиб.ун-та, 2001. - 608 с.
2. Лифшиц, Е. М. «Теоретическая физика» / Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. - М. : ФИЗМАТЛИТ.: Т.10 : Физическая кинетика, 2-е изд. испр. - 2002. - 536 с.

7.2. Дополнительная литература

1. Лифшиц, Е. М. «Теоретическая физика» / Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. - М. : ФИЗМАТЛИТ.: Т.9 : Статистическая физика. - 2004. - 496 с
2. Василевский, А. С. «Термодинамика и статистическая физика» : учеб.пособ.для студ.пед. и техн.вузов / А. С. Василевский. - 2-е изд.,перер. - [Б. м.] : Дрофа, 2006. - 240 с.
3. Головнев, Ю. Ф. «Краткий курс лекций по "Статистической термодинамике"» / Ю. Ф. Головнев. - Тула : Изд-во ТГПУ им. Л.Н. Толстого, 2010. - 7,5 п.л. с. - Б. ц.

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Базы данных НОБИ-центра ТГПУ им. Л.Н. Толстого. URL: <http://irbis.tsput.ru>.
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн». URL: <http://biblioclub.ru>.
3. Издательство «Лань». Электронная библиотечная система. URL: <http://e.lanbook.com>.
4. Национальный цифровой ресурс Руконт – межотраслевая электронная библиотека (ЭБС). URL: <http://www.rucont.ru>.
5. Информационные ресурсы по физике на Интернет-сайте ТГПУ им. Л.Н. Толстого URL: <http://tsput.ru/res/3.php>.
6. Информационные ресурсы по физике на Интернет-сайте ТГПУ им. Л.Н. Толстого URL: <http://tsput.ru/res/fizika/index.htm>.
7. Обучающая среда на платформе Moodle (Интернет-сайт поддержки электронного обучения в ТГПУ им. Л.Н. Толстого). URL: <http://moodle.tsput.ru>.

8. Система тестирования Indigo Software Technologies (Интернет-сайт тестирования ТГПУ им. Л.Н. Толстого) <http://indigo.tsput.ru>.

9. Единый портал Интернет-тестирования в сфере образования URL: <http://www.i-exam.ru>.

10. Интернет-сайт поиска научно-технической информации Microsoft. URL: <http://academic.research.microsoft.com>.

11. Интернет-сайт поиска научно-технической информации KnowMade. URL: <http://www.freefullpdf.com>.

12. Интернет-сайт поиска научно-технической информации Google. URL: <https://scholar.google.ru>.

Электронная библиотека по статистической физике.

<http://fanknig.org/book.php?id=24149546>

<http://nashol.com/2013101573991/statisticheskaya-mehanika-neravnovesnih-processov-tom-2-zubarev-d-n-morozov-v-g-repke-g-2002.html>

Книги по статистической термодинамике необратимых процессов.

13. <http://www.youtube.com/watch?v=LfUZmHJignI>

Доклад Малышева В.А. (д.ф.-м.н., проф. мехмата МГУ) на конференции "Перспективы неравновесной статистической физики и социологии: вывод уравнений типа Больцмана и нелинейных марковских процессов"

14. <http://yandex.ru/video/search?filmId=7V2M2pQoUXI&where=all&text=%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%81%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D1%8B>

15. Доклад: Морозова А.Н. "Неравновесные состояния и необратимые процессы" на www.youtube.com

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Физика неравновесных сред» направлена на формирование у обучающихся способности осуществлять педагогическое сопровождение социализации и профессионального самоопределения обучающихся. В результате освоения дисциплины должны быть сформированы навыки грамотного использования научного языка с целью углубления физико-математического образования обучающихся; обобщения знаний, полученных при изучении естественных наук с целью формирования естественнонаучного мировоззрения обучающихся, готовности и способности к самостоятельной информационно-познавательной деятельности, научного типа мышления обучающихся; решения задач по физике твердого тела.

К началу изучения дисциплины обучающимся необходимо:

– ознакомиться с нормативной правовой базой, устанавливающей требования к реализации ОПОП направления, используя современные профессиональные базы данных и/или информационные справочные системы и/или внутривузовское сетевое окружение;

– получить индивидуальные логин и пароль для доступа в электронную информационно-образовательную среду ТГПУ им. Л.Н. Толстого (доступ в систему Moodle и личный кабинет обучающегося ТГПУ им. Л.Н. Толстого в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»);

– ознакомиться с настоящими методическими указаниями для обучающихся по освоению дисциплины; перечнем основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины; перечнем ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины; перечнем учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине; методическими материалами, определяющими процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Подготовка студентов к практическим занятиям направлена на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальных умений у обучающихся: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

В процессе освоения дисциплины обучающимся необходимо посещать учебные занятия, выполнять задания, предусмотренные настоящей рабочей программой; самостоятельно использовать основную, при необходимости дополнительную учебную литературу, необходимую для освоения дисциплины; ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины; учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине. Также в процессе освоения дисциплины обучающимся не реже чем раз в неделю отслеживать текущую информацию, при необходимости размещаемую в системе Moodle.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

При осуществлении образовательного процесса используется следующее лицензионное программное обеспечение:

1. Операционная система Microsoft Windows XP Professional Russian – Лицензия № 16698685 от 08.08.2003 г.
2. Программное обеспечение Microsoft Office XP Professional Win32 Russian– Лицензия № 16698685 от 08.08.2003 г.
3. Программное обеспечение Microsoft Office Enterprise 2007 Russian - Лицензия №46138962 от 16.11.2009 г.
4. Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian – Лицензия №48497058 от 13.05.2011 г.
5. Программа для распознавания текста ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition лицензионный сертификат - код позиции AF90-3U1V25-102, ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition Volume License Concurrent от 28 июля 2009 г.
6. Электронный словарь ABBYY Lingvo X3 Европейская версия - Код позиции AL14-2U1V05-102, ABBYY Lingvo x3 Европейская версия. Именная лицензия Concurrent от 28 июля 2009 г.
7. Комплексная Система Антивирусной Защиты Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 500-999 Node 2 year Educational Renewal License – Лицензия № 1894-150512-101810 от 12-05-2015 г.

Технология работы в системе тестирования Indigo Software Technologies – <http://indigo.tsput.ru> (Интернет-сайт тестирования ТГПУ им. Л.Н. Толстого)

Обучающимся обеспечен доступ к следующим современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам:

1. Компьютерная информационно-правовая система «Гарант» - регистрационный номер клиента 71-70685-000033.
2. Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>.

3. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования <http://fgosvo.ru>.

4. Портал «Информационно-коммуникационные технологии в образовании» <http://www.ict.edu.ru>.

5. Среда электронного обучения ТГПУ им. Л.Н. Толстого <http://moodle.tsput.ru>.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа представляют собой специальные помещения, оборудованные рабочими местами обучающихся, учебной (или интерактивной) доской, мультимедийной техникой, предоставляющей возможность использования информационных технологий (представления презентаций, видеодемонстраций и т.д.), демонстрационным столом для использования демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, например:

– уч. корп. № 3, ауд. 98,

оборудование: мультимедийный проектор, экран, ноутбук, интерактивный планшет, набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий;

– уч. корп. № 3, ауд. 93,

оборудование: мультимедийный проектор, экран, используемый ноутбук хранится в уч. корп. № 3, ауд. 92 (помещение кафедры) используемый набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий хранится в уч. корп. № 3, ауд. 88а.

Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, включают в себя лаборатории, оборудованные в том числе рабочими местами обучающихся и учебными досками, например:

– «Квантовая физика», уч. корп. № 3, ауд. 95,

1. Изучение спектра атома водорода.

Оборудование: оптическая скамья, спектрометр, лампы ртутная, неоновая и водородная, блок питания.

2. Проверка соотношения неопределенностей Гейзенберга.

Оборудование: оптическая скамья, лазер, микрометрическая щель, экран, линейка.

3. Изучение туннельного эффекта с помощью полупроводникового диода.

Оборудование: Блок-схема, блок питания, вольтметр, миллиамперметр (ФКЛ-5).

4. Изучение опыта Франка-Герца.

Оборудование: установка для изучения опыта Франка-Герца ЛКР-1И, осциллограф, блок питания.

5. Термоэлектричество. Эффект Зеебека.

Оборудование: Блок-схема, блок питания, милливольтметр (ФЭЛ-17).

6. Изучение зависимости сопротивления полупроводника от температуры. Определение ширины запрещенной зоны полупроводника.

Оборудование: Блок-схема с электропечью и Si-, Ge-, Se-образцами, блок питания (ФКЛ-10).

Для проведения практических и промежуточной аттестации занятий могут быть задействованы как учебные аудитории для проведения лекционного типа, так и лаборатории.

Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся представляют собой специальные помещения, оснащенные компьютерной техникой, имеющей доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронной информационно-образовательной среде ТГПУ им. Л.Н. Толстого, внутривузовскому сетевому окружению, например:

компьютерный класс, уч. корп. № 3, ауд. 108,

оборудование: 11 ПК.

12. АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Планируемые результаты обучения при освоении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины у студента должны быть сформированы следующие компетенции: способность использовать основы философских и социогуманитарных знаний для формирования научного мировоззрения (ОК-1); способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития для формирования патриотизма и гражданской позиции (ОК-2); способность осуществлять педагогическое сопровождение социализации и профессионального самоопределения обучающихся (ПК-5).

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести:

знания философских основ становления и развития физики XX века; основных этапов и условий становления и развития физики XX века; о современной научной парадигме, об основных открытиях физики неравновесных сред, а также об основных задачах, стоящих перед современной физикой и о нерешённых её проблемах;

умения выделять вклад представлений о природе в современной физике в развитие философского знания и научной картины мира в целом; выявлять вклад ученых и инженеров XX века в развитие современной физики для формирования гражданской позиции; используя знания физической кинетики, объяснять явления, происходящие в различных неравновесных системах, а также адекватно оценивать уровень развития современной физики;;

навыки и(или) опыт деятельности анализа этапов становления физики XX века для формирования научного мировоззрения; анализа деятельности ученых и инженеров XX века для формирования гражданской позиции; вычисления различных параметров, характеризующих неравновесные процессы, протекающие в неравновесных системах; выявления связи современных научных достижений со школьным курсом физики.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП.

Дисциплина «Физика неравновесных сред» относится к дисциплинам вариативной части дисциплин направления.

3. Объем дисциплины 3 зачетные единицы.

4. Образовательный процесс осуществляется на русском языке.

5. Разработчики: Бобылев Ю.В., проф. кафедры общей и теоретической физики, д-р физ.-мат. наук, доц.

13. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ**2016-2017 учебный год**

В рабочую программу дисциплины внесены изменения в части обновления состава необходимого комплекта лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ обучающимся.

Изменения к рабочей программе дисциплины утверждены на заседании Ученого совета университета, протокол № 2 от 16 февраля 2017 г.

2017-2018 учебный год**Обновлен состав необходимого комплекта лицензионного программного обеспечения.**

1. Операционная система Microsoft Windows XP Professional Russian – Лицензия № 16698685 от 08.08.2003 г.
2. Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian – Лицензия №48497058 от 13.05.2011 г., договор № Пр/16/6 от 05 апреля 2016 года.
3. Операционная система Microsoft Windows 10 Professional Russian - контракт № ПР/ФЕН/15/18 от 23.10.2015 г., договор № Пр/16/6 от 05 апреля 2016 года.
4. Программное обеспечение Microsoft Office Enterprise 2007 Russian - Лицензия №46138962 от 16.11.2009 г.
5. Программное обеспечение Microsoft Office 2013 Professional - контракт № 405535 от 2 ноября 2015 года, контракт № ПР/ФЕН/15/18 от 23.10.2015 г.
6. Программа для распознавания текста ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition лицензионный сертификат - код позиции AF90-3U1V25-102, ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition Volume License Concurrent от 28 июля 2009 г.
7. Электронный словарь ABBYY Lingvo X3 Европейская версия - Код позиции AL14-2U1V05-102, ABBYY Lingvo x3 Европейская версия. Именная лицензия Concurrent от 28 июля 2009 г.
8. Комплексная Система Антивирусной Защиты Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 500-999 Node 2 year Educational Renewal License – Лицензия № 17E0-170518-102844-823-690 от 18-05-2017 г.

Обновлен состав современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ обучающимся.

1. Компьютерная информационно-правовая система «Гарант» - регистрационный номер клиента 71-70685-000033.
2. Официальный интернет-портал базы данных правовой информации <http://pravo.gov.ru>.
3. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования <http://fgosvo.ru>.
4. Портал «Информационно-коммуникационные технологии в образовании» <http://www.ict.edu.ru>.
5. Web of Science Core Collection – политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных <http://webofscience.com>.
6. Полнотекстовый архив ведущих западных научных журналов на российской платформе Национального электронно-информационного консорциума (НЭИКОН) <http://neicon.ru>.
7. Базы данных издательства Springer <https://link.springer.com>.

Изменения к рабочей программе дисциплины утверждены на заседании Ученого совета университета, протокол № 8 от 31 августа 2017 г.

2018-2019 учебный год

Обновлен состав необходимого комплекта лицензионного программного обеспечения.

1. Операционная система ROSA Enterprise Linux Desktop № RL00450-1-110518-01 - RL00450-1-110518-17 от 11 мая 2018 г.
2. Операционная система Microsoft Windows XP Professional Russian – Лицензия № 16698685 от 08.08.2003 г.
3. Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian – Лицензия №48497058 от 13.05.2011 г., договор № Пр/16/6 от 05 апреля 2016 г.
4. Операционная система Microsoft Windows 10 Professional Russian - контракт № ПР/ФЕН/15/18 от 23.10.2015 г., договор № Пр/16/6 от 05 апреля 2016 г.

5. Программное обеспечение Microsoft Office Enterprise 2007 Russian - Лицензия №46138962 от 16.11.2009 г.
 6. Программное обеспечение Microsoft Office 2013 Professional - контракт № 405535 от 2 ноября 2015 года, контракт № ПР/ФЕН/15/18 от 23.10.2015 г.
 7. Программа для распознавания текста ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition лицензионный сертификат - код позиции AF90-3U1V25-102, ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition Volume License Concurrent от 28 июля 2009 г.
 8. Электронный словарь ABBYY Lingvo X3 Европейская версия - Код позиции AL14-2U1V05-102, ABBYY Lingvo x3 Европейская версия. Именная лицензия Concurrent от 28 июля 2009 г.
 9. Комплексная система антивирусной защиты Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – стандартный Russian Edition. 500-999 Node 2 year Educational Renewal License – Лицензия № 17E0-170518-102844-823-690 от 18-05-2017 г.
- Обновлен состав современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ обучающимся.
1. Компьютерная информационно-правовая система «Гарант» - регистрационный номер клиента 71-70685-000033.
 2. Официальный интернет-портал базы данных правовой информации <http://pravo.gov.ru>.
 3. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования <http://fgosvo.ru>.
 4. Портал «Информационно-коммуникационные технологии в образовании» <http://www.ict.edu.ru>.
 5. Web of Science Core Collection – политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных <http://webofscience.com>.
 6. Полнотекстовый архив ведущих западных научных журналов на российской платформе Национального электронно-информационного консорциума (НЭИКОН) <http://neicon.ru>.
 7. Базы данных издательства Springer <https://link.springer.com>.

Изменения к рабочей программе дисциплины утверждены на заседании Ученого совета университета, протокол № 7 от 30 августа 2018 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Разработчик:

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень	Ученое звание	Должность
Бобылев Юрий Владимирович	доктор физико- математи- ческих наук	доцент	профессор кафедры общей и теоретичес- кой физики