

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ТГПУ)

«Утверждаю»
декан физико-математического факультета
А.Н. Макаренко
30 августа 2013г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

М.2.В.03 «ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ»

ТРУДОЕМКОСТЬ (В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ) 2

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Магистерская программа: Теоретическая физика

Степень выпускника магистр

1. Цели изучения дисциплины

Курс «Общая теория относительности» является важной частью цикла курсов теоретической физики магистерской программы подготовки и представляет собой существенный элемент профессионального физического образования.

Целью курса «Общая теория относительности» является:

- дополнение и углубление уже имеющихся у обучающихся знаний об отдельных разделах теоретической физики, электродинамики, термодинамики и статистической физики, полученных в ходе предшествующего обучения в ВУЗе;
- выяснение физического смысла законов и понятий, дальнейшее развитие у обучающихся навыков физического мышления, умения решать конкретные задачи, используя имеющиеся теоретические знания;
- расширение фундаментальной базы физических знаний, дающей основу для дальнейшего более глубокого и детализированного изучения всех разделов теоретической физики;
- формирование теоретической и практической профессиональной подготовки к преподаванию физики в общеобразовательных учреждениях, средних специальных и высших учебных заведениях;
- вооружение магистранта конкретными знаниями, дополняющими уже полученную в курсах магистерской программы информацию и позволяющими впоследствии использовать их для дальнейшей специализации.

2. Место учебной дисциплины в структуре основной образовательной программы

Курс «Общая теория относительности» относится к *Профессиональному циклу* дисциплин и входит в состав его *Вариативной части*.

Областью профессиональной деятельности магистров, на которую ориентирует дисциплина «Общая теория относительности», является образование и научная деятельность.

Дисциплина готовит к решению следующих задач профессиональной деятельности в педагогической и научной деятельности магистров:

- обучение школьников или студентов с использованием конкретных знаний из области общей и теоретической физики;
- привитие им навыков физического мышления;
- тренировка умения школьников или студентов ставить и решать конкретные задачи;
- участие в формировании научного мировоззрения учащихся;
- использование полученных в курсе навыков и умений в научной деятельности;
- формулировка новых задач, возникающих в ходе научных исследований;
- работа с научной литературой.

Для освоения дисциплины «Общая теория относительности» обучающиеся используют знания, умения, способы деятельности и установки, сформированные в ходе изучения курсов *Общенаучного цикла* магистерской программы:

- Классическая механика/Современная электродинамика (1 семестр),
- Классическая электродинамика (2 семестр),

а также *Профессионального цикла*:

- Методы математической физики (1,2 семестры),
- Методы квантовой механики (2 семестр),

и других дисциплин.

цикла Теоретической физики в процессе предшествующего обучения в ВУЗе.

Курс «Общая теория относительности» служит дополнением для читаемых параллельно курсов

- Специальный физический практикум (1-3 семестры),
- Космология/Астрофизика (3 семестр),
- Квантовая теория поля (3 семестр).

3. Требования к уровню освоения программы

Процесс изучения дисциплины «Общая теория относительности» направлен на формирование у магистрантов следующих компетенций:

Общекультурных (ОК): ОК-1, ОК-5, ОК-7.

Профессиональных (ПК): ПК-8, ПК-9, ПК-10.

В результате освоения материала курса обучающийся должен:

- знать фундаментальные принципы и основные модели изучаемых в курсе дисциплин, физическое содержание основных законов, иметь представление о частных методах, применяемых в данных дисциплинах;
- уметь применять теоретический материал к решению задач, используя формализм классической и квантовой механики, электродинамики и статистической физики;
- владеть общими и специальными навыками решения задач, основанных на практическом применении изучаемого материала, владеть общетеоретической культурой, необходимой современному преподавателю и научному работнику.

4. Общая трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц.

Объем дисциплины и виды учебной работы:

Таблица 1

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего 72	Распределение по семестрам 3 семестр
Аудиторные занятия	30	30
Лекции (Л)	20	20
Практические занятия (ПЗ)	10	10
Семинары (С)		
Другие виды аудиторных работ (в интерактиве не менее 30 %)	10	10
Другие виды работ		
Самостоятельная работа (СР)	15	15
Курсовой проект (работа)		
Реферат		
Расчетно-графические работы		
Формы текущего контроля		Выполнение учебных заданий в ходе практических занятий. Домашние задания. Устный опрос. Контрольная работа (см. раздел 8.6)
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом	27	экзамен

5. Содержание учебной дисциплины

5.1. Разделы учебной дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Аудиторные часы				Сам. работа (час)
		Всего	лекция	практические	интеракт. формы обучения (не менее	

					30%)	
1	Принципы ОТО	2	2			
2	Элементы Римановой геометрии	6	4	2	4	2
3	Механика и электродинамика в искривлённом пространстве	6	4	2	2	2
4	Уравнения гравитационного поля Эйнштейна	6	4	2		2
5	Центрально-симметричное гравитационное поле	4	2	2		2
6	Элементы космологии	4	2	2	2	3
7	Современные проблемы теории гравитации	2	2		2	4
	Итого	30 час./ 0,83 зачет.ед.	20	10 час.	10 час., 33%	15 час.

5.2. Содержание разделов дисциплины

1. Принципы ОТО

Принцип ковариантности. Принцип эквивалентности. Гравитационное поле в релятивистской теории

2. Элементы Римановой геометрии

Понятие о многообразии. Тензоры и алгебраические операции над ними. Риманово пространство. Параллельный перенос. Ковариантное дифференцирование. Геодезические линии Движение в Римановом пространстве. Элементы объёма и теорема Гаусса Тензор кривизны

3. Механика и электродинамика в искривлённом пространстве

Основные предположения о геометрии пространства-времени. Движение частиц и световых лучей в гравитационном поле. Метод эффективного Лагранжиана. Интегралы движения Ньютоновский предел. Промежутки времени и расстояния. Уравнения электродинамики в гравитационном поле. Отклонение геодезических. Тензор энергии-импульса

4. Уравнения гравитационного поля Эйнштейна

Получение уравнений гравитационного поля по Эйнштейну. Вариационный принцип для уравнений Эйнштейна. Координатные условия. Слабые гравитационные волны

5. Центрально-симметричное гравитационное поле

Решение Шварцшильда. Гравитационное красное смещение спектральных линий. Движение частиц в центрально-симметричном гравитационном поле Траектории световых лучей в центрально-симметричном гравитационном поле

6. Элементы космологии

Физические представления о Вселенной, лежащие в основе космологии. Метрика Фридмана. Закрытая модель Вселенной. Открытая модель Вселенной. Космологическое красное смещение. Является ли Вселенная открытой или закрытой?

7. Современные проблемы теории гравитации

Квантовая гравитация. Многомерные теории. Черные дыры, кротовые норы

5.3. Лабораторный практикум

не предусмотрен учебным планом.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

6.1. Основная литература:

1. Бескин, В.С. Гравитация и астрофизика: учебное пособие /В.С. Бескин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.– 159 с. (ЭБС «КнигаФонд»)
2. Баскаков, В.Я. Механика, теория относительности, молекулярная физика и термодинамика: учебное пособие /В.Я. Баскаков, В.Б. Баскакова, В.П. Баринов.– Изд-во МГОУ, 2009. –143 с. (ЭБС «КнигаФонд»).

3. Гриб, А.А. Основные представления современной космологии: учебное пособие /А.А. Гриб. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.– 107 с. (ЭБС «КнигаФонд»)
4. Васильев, А.Н. Классическая электродинамика. Краткий курс лекций /А.Н. Васильев.– Изд. БХВ- Петербург, 2010.– 288 с.

6.2. Дополнительная литература:

1. Уолд, Роберт М. Общая теория относительности /Роберт М. Уолд ; пер. с англ. В. Р. Гаврилов [и др.] ; ред. перевода И. Л. Бухбиндер, С. В. Червон.– М.:издательство Российского университета дружбы народов, 2008.–692 с.
2. Дубровин, Б.А.Современная геометрия: Методы и приложения: Учебное пособие для вузов /Б. А. Дубровин, С. П. Новиков, А. Т. Фоменко.– М.: Наука, 1979. – 759 с.
3. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика: в 10 т. Т. 2: Теория поля /Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц– М.: ФИЗМАТЛИТ.– 2006.– 533 с.
4. Савельев, И В. Основы теоретической физики: в 2 т. Т. 1: Механика. Электродинамика /И.В. Савельев.– СПб. [и др.]: Лань.– 2005.– 493 с.
5. Бредов, М.М. Классическая электродинамика /М.М. Бредов, В.В. Румянцев, И.Н. Топтыгин.– СПб.: Лань, 2003.– 398 с.
6. Полянин, А.Д. Справочник по линейным уравнениям математической физики/ А.Д. Полянин.– М.: ФИЗМАТЛИТ.– 2011.– 429 с. (ЭБС «КнигаФонд»)
7. Зайцев В.Ф. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям/ В.Ф. Зайцев, А.Д. Полянин. М.: ФИЗМАТЛИТ.– 2011.– 577 с. (ЭБС «КнигаФонд»)

6.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

При изучении дисциплины полезно при необходимости использовать Интернет-ресурсы:

1. <http://libserv.tspu.edu.ru/> – Научная библиотека Томского государственного педагогического университета
2. <http://www.knigafund.ru/> – электронная библиотечная система «КнигаФонд»
3. <http://e.lanbook.com/> – электронная библиотечная система «Лань»
4. <http://arxiv.org/> – open access to e-prints in Physics, Mathematics, Computer Science, Quantitative Biology, Quantitative Finance and Statistics (открытый доступ к препринтам по физике, математике, компьютерным и другим наукам)
5. <http://publish.aps.org/> – Journals of the American Physical Society (APS)
6. <http://inspirehep.net/help/easy-search> – the High Energy Physics information system (информационная система физики высоких энергий)
7. <http://www.elementy.ru/> – сайт «Элементы большой науки»
8. <http://www.dxdy.ru/> – научный форум
9. <http://www.math-net.ru/> – общероссийский математический сайт
10. <http://www.femto.com.ua/index1.html> – энциклопедия физики и техники

6.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Таблица 3

№ тем	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование материалов обучения, пакетов программного обеспечения	Наименование технических и аудиовизуальных средств, используемых с целью демонстрации материалов
6	Элементы космологии	Интернет-источники № 1- 3 п. 6.3 программы: http://libserv.tspu.edu.ru/ , http://www.knigafund.ru/ , http://e.lanbook.com/	Компьютеры к. 261 (КТФ), 1 корпус. На всех компьютерах имеется выход в интернет
7	Современные проблемы теории гравитации	Интернет-источники № 4- 6 п. 6.3 программы: http://arxiv.org/ , http://publish.aps.org/ , http://inspirehep.net/help/easy-search	

7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

7.1. Методические рекомендации для преподавателей

Односеместровый магистрантский курс «Общая теория относительности» сориентирован, прежде всего, на традиционные образовательные технологии, см. следующую ниже таблицу.

Таблица 4

№ п/п	Виды учебной работы	Образовательные технологии
1	Лекционное занятие	Чтение лекционного материала, проведение расчётов и доказательств
1	Практическое занятие	Традиционный подход к решению задач по предложенному алгоритму, а также самостоятельный поиск решения проблемы (проведение расчётов и доказательств, требующих поиска алгоритма)
2	Интерактивное практическое или лекционное занятие (16 часов), см. содержание работ в табл.4	Тема 2. Элементы Римановой геометрии Тема 3. Механика и электродинамика в искривлённом пространстве Тема 6. Элементы космологии Тема 7. Современные проблемы теории гравитации
3	Семинар	Подготовка обучающимися докладов по заданной теме
4	Устный опрос	Традиционная форма

На самостоятельную работу магистрантов курса «Общая теория относительности» отводится 15 часов из 72. В разделе 5.1 приведено распределение времени самостоятельной работы по темам. Формы контроля этой работы преподавателем предложены в разделе 8.6 данной Программы.

Преподаватель обязательно должен давать домашние задания, по возможности индивидуальные, на каждом практическом занятии и проверять на следующем. При систематическом невыполнении текущих заданий обучающийся получает дополнительную нагрузку на экзамене в виде задач и вопросов по незначительным разделам. Об этом следует проинформировать магистрантов на первых лекциях.

Также в течение семестра преподавателям рекомендуется регулярно проверять усвоение магистрантами теоретического учебного материала. Опросы по пройденному материалу целесообразно проводить через каждые 4 часа практических занятий в начале новой темы.

Ответы магистрантов оцениваются по пятибалльной системе, заносятся в журнал и используются как дополнительная информация при оценивании знаний учащихся на зачете и экзамене и при аттестации в середине семестра.

По возможности, помимо текущего контроля, в конце курса, перед экзаменом желательно провести более длительную (от 20 до 45 минут) проверочную работу, включающую не только вопросы, но и задачи. Для простоты можно ограничиться одним вариантом заданий. Для текущего контроля и внеаудиторной работы магистрантов можно использовать контрольные вопросы и задания, приведённые в пп. 8.2 и 8.3 раздела 8 данной Программы «Формы текущего контроля».

В начале курса преподаватель должен огласить список рекомендованной для изучения литературы. При этом следует предупредить магистрантов, что некоторые вопросы и задачи, входящие в зачетные (экзаменационные) вопросы, будут разбираться ими самостоятельно.

Учитывая достаточно высокий уровень самостоятельности магистрантов, на последних занятиях, после усвоения ими базовой части курса, можно предложить им представить доклады по последним темам курса. Такие задания развивают ответственность магистрантов, тренируют их умение изложить материал в доступной форме и ответить на возникающие вопросы. Это

очень полезная практика в свете того, что большинство магистрантов сами ведут занятия у студентов.

Формой отчётности по данному магистерскому курсу является экзамен в 3 семестре. Перечень вопросов к экзамену дан в том же разделе 8 «Формы текущего контроля», п. 8.4. Можно предлагать на экзамене и задачи, уже решённые магистрантами в ходе прохождения курса, для проверки прочности усвоения знаний.

7.2 Методические рекомендации для магистрантов

Необходимой базой для прочного усвоения материала курса «Общая теория относительности» является основательное изучение магистрантами предметов цикла Теоретической физики в процессе предшествующего обучения в ВУЗе, прочитанных ранее или читаемых параллельно курсов магистерской программы: Классическая механика/Современная электродинамика (1 семестр), Классическая электродинамика (2 семестр), Методы математической физики (1,2 семестры), Методы квантовой механики (2 семестр), Специальный физический практикум (1-3 семестры), Космология/Астрофизика (3 семестр), Квантовая теория поля (3 семестр).

В данном курсе самостоятельной работе отводится – 15 из 72 часов. Поэтому для более прочного усвоения учебного материала, изложенного на лекциях, обучающимся рекомендуется использовать студенческие конспекты лекций по соответствующим предметам, а также рекомендуемую учебную литературу (раздел 6 данной программы «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»).

Данная литература, как основная, так и дополнительная, имеется в библиотеке ТГПУ или ЭБС «Книгафонд». При изучении отдельных вопросов и подготовке тем, предложенных к самостоятельному изучению, магистранты могут использовать также предложенные и найденные самостоятельно Интернет-ресурсы.

При изучении теоретического материала, вынесенного на самостоятельное изучение, магистранты могут работать совместно, разбив материал на части для индивидуального сбора информации, а затем обмениваясь найденными сведениями. Следует приступать к работе сразу же после получения задания, иначе на неё не останется времени в период подготовки к промежуточной аттестации.

Задания, полученные на практических занятиях, подобные уже разобранным задачам, являются обязательными и должны выполняться по ходу курса для закрепления пройденного. Невыполнение заданий учитывается при сдаче магистрантом зачета или экзамена: он получает дополнительные задачи того же типа, что были вынесены на самостоятельную работу. Большое количество дополнительных заданий затрудняет сдачу.

Для усвоения магистрантами материала преподаватель проводит промежуточные опросы, результаты которых учитываются на промежуточной аттестации. Готовясь к ним, учащиеся должны регулярно изучать материал по теме.

Кроме того, от учащегося требуется умение проводить расчёты по изучаемому материалу, следовательно, он должен решать в аудитории предлагаемые задачи и обязательно выполнять однотипные задачи, предложенные для внеаудиторной работы.

Для проверки своих знаний и тренировки можно использовать задания и вопросы для самостоятельной работы, приведённые в п. 8.2 и 8.3 данной Программы.

Наконец, нужно сказать, что от магистранта требуется более ясное понимание курса и умение самостоятельно разобраться в отдельных темах курса, чем от студента, поэтому на последних занятиях предусмотрены доклады магистрантов реферативного типа и их обсуждение. В данном случае, отвечая на вопросы товарищей, докладчик может проверить, насколько хорошо он разобрался в вопросе. А в другой раз он сам может выяснить детали темы, задавая вопросы другому докладчику. Этим достигается ясное понимание основных вопросов и умение самостоятельно проводить требуемые вычисления.

8. Формы текущего контроля

8.1. Тематика рефератов

не предусмотрены учебным планом.

8.2. Контрольные задания и задания для самостоятельной работы

1. Доказать, что если компоненты тензора симметричны или антисимметричны в одной СК, то они остаются такими и в любой другой СК
2. Показать, что при свёртывании некоторого тензора образуется набор чисел, который представляет собой компоненты другого тензора, валентности на 2 меньшей, чем у исходного тензора
3. Показать, что метрический тензор g_{ij} имеет $\frac{n(n+1)}{2}$ независимых компонентов
4. Показать, что двумерное пространство с метрикой $ds^2 = v^2 du^2 - dv^2$ представляет собой плоское пространство Минковского $ds^2 = dt^2 - dx^2$. Найти закон преобразования координат
5. Пусть $A^{\alpha\beta}$ – компоненты антисимметричного тензорного поля. Показать, что ковариантная производная $\nabla_\beta A^{\alpha\beta}$ может быть записана в виде: $\nabla_\beta A^{\alpha\beta} = \frac{1}{\sqrt{|g|}} \frac{\partial}{\partial x^\beta} (\sqrt{|g|} A^{\alpha\beta})$
6. Найти векторные поля Киллинга для пространства с метрикой $ds^2 = d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2$ (двумерной сферы)
7. Найти коммутатор ковариантных производных ∇_μ, ∇_ν для антисимметричного контравариантного тензора 2 ранга $B^{\alpha\beta}$
8. Вычислить компоненты тензора энергии-импульса для электромагнитного поля
9. Вывести соотношение $\delta\Gamma^\alpha_{\beta\gamma} = \frac{1}{2} g^{\alpha\lambda} ((\delta g_{\lambda\beta})_{,\gamma} + (\delta g_{\lambda\gamma})_{,\beta} - (\delta g_{\beta\gamma})_{,\lambda})$
10. Каким должен быть радиус тела, чтобы свет не мог вырваться с его поверхности?
11. Решить уравнение $\left(\frac{du}{d\varphi}\right)^2 + u^2 - \frac{1}{b^2} = 0$
12. Вывести соотношение $g^{\mu\nu} \Gamma^\alpha_{\mu\nu} = 0$ из условия Фока-Де-Дондера $\partial_\nu (\sqrt{-g} g^{\mu\nu}) = 0$

8.3. Контрольные вопросы и вопросы для самопроверки

1. О чём говорит принцип ковариантности?
2. О чём говорит принцип эквивалентности?
3. Записать интервал между двумя бесконечно близкими событиями
4. Дать определение тензора
5. Как называются данные уравнения: $\frac{d^2 x^\alpha}{ds^2} + \Gamma^\alpha_{\beta\gamma}(x) \frac{dx^\beta}{ds} \frac{dx^\gamma}{ds} = 0$?
6. Траектории световых лучей являются изотропными или времениподобными геодезическими линиями?
7. Записать выражение для символов Кристоффеля I рода
8. Записать выражение для тензора кривизны
9. Как называется величина $r_g = \frac{2GM}{c^2}$?
10. Какая метрика называется изотропной?
11. Записать выражение для тензора Эйнштейна $G_{\mu\nu}$
12. Что представляет собой величина $T_{\mu\nu}(x) = \frac{2}{\sqrt{-g(x)}} \frac{\delta S}{\delta g^{\mu\nu}(x)}$?

8.4. Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Принципы ОТО. Принцип ковариантности
2. Принципы ОТО. Принцип эквивалентности
3. Гравитационное поле в релятивистской теории. Переход от интервала $ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$ в координатах Минковского с помощью произвольного преобразования координат к произвольной НСО
4. Гравитационное поле в релятивистской теории. Метрический тензор
5. Элементы Римановой геометрии. Понятие о многообразии
6. Элементы Римановой геометрии. Тензоры и алгебраические операции над ними
7. Элементы Римановой геометрии. Риманово пространство
8. Элементы Римановой геометрии. Параллельный перенос
9. Элементы Римановой геометрии. Ковариантное дифференцирование
10. Элементы Римановой геометрии. Геодезические линии
11. Элементы Римановой геометрии. Движение в Римановом пространстве
12. Элементы Римановой геометрии. Элементы объёма и теорема Гаусса
13. Элементы Римановой геометрии. Тензор кривизны
14. Основные предположения о геометрии пространства-времени. События. Фундаментальная метрическая форма
15. Движение частиц и световых лучей в гравитационном поле. Записать уравнения движения частиц в плоском пространстве-времени в координатах ИСО; перейти к произвольной НСО.
16. Метод эффективного Лагранжиана. Интегралы движения
17. Ньютоновский предел (слабые стационарные гравитационные поля и медленно движущиеся частицы)
18. Промежутки времени и расстояния. Определения. Воображаемый эксперимент с зеркалом
19. Уравнения электродинамики в гравитационном поле
20. Отклонение геодезических в искривлённом пространстве
21. Тензор энергии-импульса
22. Получение уравнений гравитационного поля по Эйнштейну
23. Вариационный принцип для уравнений Эйнштейна
24. Координатные условия в ОТО
25. Слабые гравитационные волны
26. Центральное-симметричное гравитационное поле. Решение Шварцшильда
27. Гравитационное красное смещение спектральных линий
28. Движение частиц в центральное-симметричном гравитационном поле
29. Траектории световых лучей в центральное-симметричном гравитационном поле
30. Физические представления о Вселенной, лежащие в основе космологии
31. Метрика Фридмана
32. Закрытая модель Вселенной
33. Открытая модель Вселенной
34. Космологическое красное смещение

8.5. Темы для написания курсовых работ

не предусмотрены учебным планом.

8.6. Формы контроля самостоятельной работы

Устный опрос, выполнение учебных заданий в ходе занятий, проверка домашних работ.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки: 011200.68 Физика.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена: доцентом кафедры теоретической физики, кандидатом физ.-мат. наук



Е. Н. Кирилловой

Рабочая программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики ТГПУ, протокол № 9 от « 30 » августа 2013 г.

Заведующий кафедрой теоретической физики



И. Л. Бухбиндер

Рабочая программа учебной дисциплины одобрена УМК физико-математического факультета ТГПУ, протокол № 1 от « 30 » августа 2013 г.

Председатель УМК физико-математического факультета



З. А. Скрипко