

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА небесной механики, астрометрии и гравиметрии

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета  
МГУ  
\_\_\_\_\_ / Н.Н. Сысоев /  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Наименование дисциплины:**

Гравиметрия

---

**Уровень высшего образования:**

Специалитет

---

**Направление подготовки:**

03.05.01 Астрономия

---

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Общая специальность

---

Квалификация «Специалист»

**Форма обучения:** Очная форма обучения

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Ученым советом физического факультета МГУ

(протокол № \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_)

Москва 20\_\_

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.01 Астрономия.

Год (годы) приема на обучение \_\_\_\_\_

**Авторы–составители:**

1. Д.ф.-м.н., профессор, Жаров Владимир Евгеньевич  
кафедра небесной механики, астрометрии и гравиметрии физического факультета МГУ
2. М.н.с. Юшкин Виктор Дмитриевич, отдел гравитационных измерений ГАИШ МГУ

Заведующий кафедрой  
Д.ф.-м.н. профессор Жаров Владимир Евгеньевич

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Гравиметрия»**

Гравиметрия - наука об измерении величин, характеризующих гравитационное поле Земли, других планет Солнечной системы и Луны в близкой окрестности рассматриваемых небесных тел, а также задачами, связанными с изучением фигуры Земли. Данные, полученные гравиметрией, используются в геодезии, геологии, физике Земли, астрономии, навигации.

Дисциплина направлена на освоение теоретических основ гравиметрии, знаний о распределении гравитационного поля, технологии измерения поля силы тяжести Земли, изучения различной гравиметрической аппаратуры и методики измерений.

### **Разделы рабочей программы**

1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО).
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (при наличии)
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями
4. Форма обучения.
5. Язык обучения.
6. Содержание дисциплины.
7. Объем дисциплины
8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий
9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.
10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).
11. Шкала оценивания.
12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.
13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.
14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Гравиметрия» реализуется на 2-ом курсе в 3-ом семестре и является составной частью модуля «Астрономия» профессионального блока базовой части.

## 2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Курсы «Общая астрономия», «Сферическая астрономия».

## 3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1.Б	<p><b>З-1 Знать:</b> базовые астрономические и физико-математические теории и применять их при проведении гравиметрических измерений,</p> <p><b>З-2 Знать:</b> методы определения ускорения силы тяжести,</p> <p><b>У-1 Уметь:</b> организовывать, проводить и обрабатывать наблюдения с целью определения параметров гравитационного поля Земли;</p> <p><b>У-2 Уметь:</b> планировать и проводить обработку наблюдений, объяснять и оценивать результаты, полученные в процессе гравиметрических измерений</p> <p><b>В-1 Владеть:</b> математическим аппаратом, применяемым в гравиметрии</p> <p><b>В-2 Владеть:</b> навыками самостоятельной работы</p>
ОПК-1.Б	<p><b>З-1 Знать:</b> методы гравиметрии на Земле и в космосе</p> <p><b>У-1 Уметь:</b> решать прямые и обратные задачи гравиметрии</p> <p><b>В-1 Владеть:</b> навыками обработки результатов гравиметрических измерений</p>

3. **Форма обучения:** очная.

4. **Язык обучения:** русский.

5. **Содержание дисциплины**

### Тема 1. Основные задачи курса

Изложение основных положений: методологических, астрономических, геофизических, геодезических, геологических, используемых при изучении гравиметрии.

### Тема 2. Гравитационное поле Земли

Гравитационное поле Земли, сила тяжести. Гравитационный потенциал тела и тяжести.

Аналитическое представление локального и глобального гравитационных полей.

Производные гравитационного потенциала.

Фигуры равновесия небесных тел. Формы поверхностей гравитационного поля Земли. Понятие геоида, квазигеоида, эллипсоида. Нормальное гравитационное поле. Представление гравитационного поля точечными массами.

### **Тема 3. Редукции и аномалии гравитационного поля**

Редукции и аномалии, их физический смысл. Редукции и аномалии в свободном воздухе. Поправка за промежуточный слой, поправка Буге. Поправка за рельеф местности. Составление карт и графиков аномалий силы тяжести. Обработка результатов и построение карт на ЭВМ. Автоматизированные системы обработки. Теория изостазии. Внутреннее строение Земли.

### **Тема 4. Гравиметры**

Маятниковые гравиметры. Основные типы чувствительных элементов гравиметров. Элементарная теория кварцевых астазированных гравиметров. Чувствительность. Термостатирование. Способы эталонирования. Абсолютные баллистические гравиметры. Теория баллистического гравиметра. Устройство. Методика работы. Поправки в измерения с баллистическим гравиметром. Решение прямой задачи гравиметрии. Основные методы интегрирования при решении прямой задачи. Гравитационные эффекты шара, параллелепипеда, цилиндра, плоскопараллельного слоя. Способы расчетов.

### **Тема 5. Измерения гравитационного поля в движении**

Принципы измерения элементов гравитационного поля на подвижном основании. Возмущающие ускорения и наклоны. Способы их уменьшения и учета. Эффект Этвеша. Особенности методики измерений на море и в воздухе.

### **Тема 6. Методика гравиметрической съемки**

Мировая гравиметрическая сеть. Национальная опорная сеть. Опорная и рядовая сети съемки. Требование к точности топографического обеспечения съемки. Основные системы наблюдений при измерениях на опорной сети. Уравнивание опорных сетей. Измерения на рядовой сети и их обработка. Независимый контроль и оценка точности измерений. Вычисление аномальных значений ускорения силы тяжести. Площадные профильные съемки.

### **Тема 7. Космическая гравиметрия**

Использование космических аппаратов для изучения гравитационного поля Земли. Изменение гравитационного поля Земли во времени и пространстве. Теория спутниковой градиентометрии и систем «спутник-спутник». Преимущества и недостатки этих методов. Проект GRACE. Проект GOCE. Результаты этих проектов. Перспективные проекты космической гравиметрии.

## **7. Объем дисциплины**

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах				
		Общая трудоемкость	в том числе ауд. занятий			Самостоятельная работа студентов
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров	
Гравиметрия	2	72	36	36	0	36

**8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий**

Изучение курса «Гравиметрия» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным занятиям, а также решение домашних заданий. По вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

№ темы	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы					Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Всего часов	Лекции	Научно-практические занятия	Семинары	Самостоятельная работа	
1	Основные задачи курса	4	2	-	-	2	Собеседование, опрос
2	Гравитационное поле Земли	8	4	-	-	4	
3	Редукции и аномалии гравитационного поля	9	5	-	-	4	
4	Гравиметры	9	5	-	-	4	
5	Измерения гравитационного поля в движении	4	2	-	-	2	
6	Методика гравиметрической съемки	4	2	-	-	2	
7	Космическая гравиметрия	32	16	-	-	16	
	Промежуточная аттестация	2				2	Экзамен в форме письменной работы с последующим собеседованием
<b>ИТОГО:</b>		<b>72</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	

**9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.**

Текущий контроль по дисциплине «Гравиметрия» осуществляется на лекциях и заключается в оценке активности и качества участия в опросах и собеседованиях по

проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий, аргументированности позиции; оценивается широта используемых теоретических знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Гравиметрия» проводится в третьем семестре в форме письменной работы, экзамен в форме письменной работы с последующим собеседованием по программе.

Результаты сдачи экзамена оцениваются по шкале «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

## 10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

### Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<b>Оценочные средства текущего контроля</b>		
Тематический опрос (в форме ответов на вопросы)	Средство контроля, организованное как специальная беседа по тематике предыдущей лекции и рассчитанное на выяснение объема и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме)	Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Тестирование	Средство контроля, позволяющее получить оценку уровня фактических знаний студента по изученной теме.	Образцы тестов
<b>Оценочные средства промежуточной аттестации</b>		
Письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов к экзамену
Собеседование	Средство, позволяющее получить экспертную оценку знаний, умений и навыков по для оценивания и анализа различных фактов и явлений в своей профессиональной области.	Требования к порядку проведения собеседования

## 11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
	2	3	4	5
ЗНАТЬ: фундаментальные законы механики и их взаимосвязь УК-1.Б 3-1	Отсутствие знаний фундаментальных законов механики и их взаимосвязей	В целом успешные, но не систематические знания фундаментальных законов механики и их взаимосвязей	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знания фундаментальных законов механики и их взаимосвязей	Успешные и систематические знания фундаментальных законов механики и их взаимосвязей
ЗНАТЬ: основные понятия математической обработки эксперимента механики УК-1.Б 3-2	Отсутствие знаний или фрагментарное знание основных понятий математической обработки эксперимента механики	В целом успешное, но не систематическое знание основных понятий математической обработки эксперимента механики	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знание основных понятий математической обработки эксперимента механики	Успешное и систематическое знание основных понятий математической обработки эксперимента механики
ЗНАТЬ: основные математические методы, используемые при решении задач механики ОПК-1.Б 3-1	Отсутствие знаний или фрагментарное применение основных математических методов, при решении задач механики	В целом успешное, но не систематическое применение основных математических методов, при решении задач механики	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знание основных математических методов, при решении задач механики	Успешное и систематическое знание основных математических методов, при решении задач механики
УМЕТЬ: строить теоретические модели механики, используя критический анализ данных	Отсутствие умения строить теоретические модели механики, используя критический анализ данных	В целом успешное, но не систематическое умение строить теоретические модели механики,	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение строить теоретические модели	Успешное и систематическое умение строить теоретические модели механики, используя критический анализ данных



УК-1.Б У-1		используя критически анализ данных	механики, используя критически анализ данных	
УМЕТЬ: планировать и проводить экспериментальные исследования в области механики, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента УК-1.Б У-2	Отсутствие умения планировать и проводить экспериментальные исследования в области механики, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	В целом успешное, но не систематическое умение планировать и проводить экспериментальные исследования в области механики, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение планировать и проводить экспериментальные исследования в области механики, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	Успешное и систематическое планировать и проводить экспериментальные исследования в области механики, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента
УМЕТЬ: решать типовые задачи механики ОПК-1.Б У-1	Отсутствие умения решать типовые задачи	В целом успешное, но не систематическое умение решать типовые задачи	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение решать типовые задачи	Успешное и систематическое умение решать типовые задачи
УМЕТЬ: строить математические модели явлений и процессов механики ОПК-1.Б У-2	Отсутствие умения строить математические модели физических явлений и процессов	В целом успешное, но не систематическое умение строить математические модели физических явлений и процессов	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение строить математические модели физических явлений и процессов	Успешное и систематическое умение строить математические модели физических явлений и процессов
ВЛАДЕТЬ: математическим аппаратом, применяемым	Отсутствие/фрагментарное владение математическим	В целом успешное, но не систематическое	В целом успешно, но содержащее	Успешное и систематическое владение математическим

в механике УК-1.Б В-1	аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в механике	е владение математически м аппаратом, математически м аппаратом, применяемым в механике	отдельные пробелы владение математически м аппаратом, математически м аппаратом, применяемым в механике	аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в механике
ВЛАДЕТЬ: методами теоретическог о исследования явлений и процессов в механике УК-1.Б В-2	Отсутствие/фраг ментарное владение методами теоретического исследования явлений и процессов в механике	В целом успешное, но не систематическо е владение методами теоретического исследования явлений и процессов в механике	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы владение методами теоретического исследования явлений и процессов в механике	Успешное и систематическое владение методами теоретического исследования явлений и процессов в механике
ВЛАДЕТЬ: навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов ОПК-1.Б В-1	Отсутствие/фраг ментарное владение навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов	В целом успешное, но не систематическо е владение навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы владение навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов	Успешное и систематическое владение навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов

**12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

*Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся*

**13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.**

*Материалы промежуточной аттестации обучающихся*

**14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы**

Основная литература.

1. Н.П.Грушинский Основы гравиметрии. М., Недра, 1968.
- 2.Л.В.Сорокин Курс гравиметрии и гравиметрической разведки. М.-Л.:Изд.нефт.и горно-топл.литер., 1941.
- 3.В.Л.Пантелеев Основы морской гравиметрии, М., Недра, 1983.
4. В.Торге. Гравиметрия. М., Мир, 1999.

Дополнительная литература.

- К.Е. Веселов Гравиметрическая съемка. М., Недра, 1986.  
А.П. Юзефович Гравиметрия. М., Недра, 1980.

**Материально-техническое обеспечение**

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Астрономия».

Курс может быть прочитан в поточной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.