

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова**

**ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА небесной механики, астрометрии и гравиметрии**

УТВЕРЖДАЮ

**_____ / /
«__» _____ 20 г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Гравиметрия

Уровень высшего образования:
Специалитет

Специальность:

03.05.01 Астрономия

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

Общая специальность

Форма обучения:

Очная

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», утвержденным приказом МГУ от 30.12.2020 г. № 1381.

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, заведующий кафедрой небесной
механики, астрометрии и гравиметрии

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.

Особое внимание уделяется рассмотрению космических средств и методов определения глобального гравитационного поля Земли и его вариаций во времени и пространстве.

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.

Дисциплина реализуется на 2 курсе в 3 семестре и является обязательной для освоения обучающимися.

Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе 36 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) – экзамен в 3 семестре.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

(относится к базовой или вариативной части, является обязательной для освоения или дисциплиной по выбору, является факультативом)

Пример.

Дисциплина «Механика» входит в модуль «Общая физика» блока «Профессиональный» базовой части и является обязательной для освоения обучающимися.

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

Освоение курса «Общая астрономия», «Сфéricaльская астрономия»

(указать, если требуются, в следующей последовательности: входная компетенция или входные результаты обучения или перечень освоенных ранее дисциплин (модулей), практик)

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
		<p>Знать: базовые астрономические и физико-математические теории и применять их при проведении гравиметрических измерений, методы определения ускорения силы тяжести, методы гравиметрии на Земле и в космосе</p> <p>Уметь: организовывать, проводить и обрабатывать наблюдения с целью определения параметров гравитационного поля Земли; планировать и проводить обработку наблюдений, объяснять и оценивать результаты, полученные в процессе гравиметрических измерений, решать прямые и обратные задачи гравиметрии</p> <p>Владеть: математическим аппаратом, применяемым в гравиметрии, навыками самостоятельной работы</p>

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе: 36 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Контактная работа включает в себя:

занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях, обучающимся), и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях (в том числе индивидуальные консультации);...

В конце данного пункта следует отметить, если дисциплина или часть ее реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий)

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (ак.ч.)	В том числе					Форма текущего контроля успеваемости, наименование	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы ¹			Всего			
		Занятия лекционного типа (лекции)	Семинары	Лабораторные занятия*	Практические занятия*			
<i>Тема 1. Основные задачи курса</i> Изложение основных положений: методологических, астрономических, геофизических, геодезических, геологических, используемых при изучении гравиметрии.	4	2				2	2	
<i>Тема 2. Гравитационное поле Земли</i>	8	4				4	4	

¹Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий лекционного и(или) семинарского типа.

<p>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, квазигеода, эллипсоида. Нормальное гравитационное поле. Представление гравитационного поля точечными массами.</p>											
<p>Тема 3. Редукции и аномалии гравитационного поля Редукции и аномалии, их физический смысл. Редукции и аномалии в свободном воздухе. Поправка за</p>	9	5					5		4		

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.								
<i>Тема 4. Гравиметры</i> Маятниковые гравиметры. Основные типы чувствительных элементов гравиметров. Элементарная теория кварцевых астазированных гравиметров. Чувствительность. Термостатирование. Способы эталонирования. Абсолютные баллистические гравиметры. Теория баллистического гравиметра.	9	5				5	4	Контрольная работа

<p>Устройство. Методика работы. Поправки в измерения с баллистическим гравиметром.</p> <p>Решение прямой задачи гравиметрии.</p> <p>Основные методы интегрирования при решении прямой задачи.</p> <p>Гравитационные эффекты шара, параллелепипеда, цилиндра, плоскопараллельного слоя. Способы расчетов.</p>										
<p>Тема 5. Измерения гравитационного поля в движении</p> <p>Принципы измерения элементов гравитационного поля на подвижном основании.</p> <p>Возмущающие ускорения и наклоны.</p> <p>Способы их уменьшения и учета.</p> <p>Эффект Этвеша.</p> <p>Особенности методики измерений на море и в воздухе.</p>	4	2				2	2			

<p>Тема 6. Методика гравиметрической съемки</p> <p>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.</p>	4	2				2	2	
<p>Тема 7. Космическая гравиметрия</p> <p>Использование космических аппаратов для изучения гравитационного поля Земли. Изменение гравитационного поля Земли во времени и пространстве. Теория</p>	32	16				16	16	

спутниковой градиентометрии и систем «спутник-спутник». Преимущества и недостатки этих методов. Проект GRACE. Проект GOCE. Результаты этих проектов. Перспективные проекты космической гравиметрии.							
Промежуточная аттестация_Экзамен_ (указывается форма проведения)	2				2²		
Итого	72	36			36		

*Лабораторные занятия, практические занятия относятся к практической подготовке обучающихся.

²Часы на проведение промежуточной аттестации выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося

6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

6.1. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

Промежуточная аттестация (экзамен)

Примеры вопросов:

1. Что выражает формула Гельмерта?
2. От каких параметров зависит нормальное гравитационное поле?
3. Разница между нормальным полем и полем на геоиде.
4. Оценить изменение точности определения гармоники ГПЗ 100-й степени при изменении высоты орбиты космического аппарата с 400 км до 350 км.
5. Оценить пространственное разрешение ГПЗ, определяемого с помощью КА на низкой орбите, за время измерений 1 сек, 10 сек.

Примеры вопросов для контрольной работы

Вариант 1

1. Оценить изменение точности определения гармоники ГПЗ 100-й степени при изменении высоты орбиты космического аппарата с 400 км до 350 км.
2. Разница между нормальным полем и полем на геоиде. Дать развёрнутое описание.

Вариант 2

1. Оценить пространственное разрешение ГПЗ, определяемого с помощью КА на низкой орбите, за время измерений 1 сек, 10 сек.
2. Абсолютное и относительное определение силы тяжести. Дать развёрнутое описание.

6.2. Шкала и критерии оценивания

(шкала и критерии оценивания могут быть типовыми для всех дисциплин (модулей), входящих в ОПОП ВО)

7. Ресурсное обеспечение

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

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.

- Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения: библиотека SOFA (Standards Of Fundamental Astronomy)

- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
(приводится при необходимости)

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:
- Описание материально-технической базы _____ (*приводится при необходимости*)

8. Язык преподавания: русский (отдельно укажите, если дисциплина может быть реализована на иностранном языке).