

**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», «Сферическая 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					Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Форма текущего контроля успеваемости, наименование
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы ¹						
		Занятия лекционного типа (лекций)	Занятия семинарского типа			Всего		
Семинары	Лабораторные занятия*		Практические занятия*					
Тема 1. Основные задачи курса Изложение основных положений: методологических, астрономических, геофизических, геодезических, геологических, используемых при изучении гравиметрии.	4	2				2	2	
Тема 2. Гравитационное поле Земли	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, квазигеоида, 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.								
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.	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. Способы их уменьшения и учета.</p> <p>Эффект Этвеша.</p> <p>Особенности методики измерений на море и в воздухе.</p>	4	2				2	2	

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.	4	2				2	2	
Тема 7. Космическая гравиметрия Использование космических аппаратов для изучения гравитационного поля Земли. Изменение гравитационного поля Земли во времени и пространстве. Теория	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 гармоник 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 гармоник 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).