

**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:

Сферическая астрономия

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

Заведующий кафедрой

Д.ф.-м.н., профессор Жаров Владимир Евгеньевич, заведующий кафедрой небесной механики, астрометрии и гравиметрии

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Сферическая астрономия»

Курс является одним из базовых общеобразовательных курсов астрономической специальности. В нем формулируется главная задача сферической астрономии как одного из разделов астрометрии - определение положения наблюдателя в пространстве и во времени, а также изучаются вопросы, связанные с взаимным расположением различных объектов на небесной сфере.

Курс делится на шесть частей. Первая часть курса посвящена определению систем координат на небесной сфере и преобразованию координат вектора из одной системы в другую.

Во второй части рассматриваются различные шкалы времени, используемые в современной астрометрии.

Третья часть курса посвящена определению топоцентрической, геоцентрической, гелиоцентрической и барицентрической систем координат.

Четвертая часть курса посвящена вопросам исправления наблюдаемых координат и приведению их к барицентрической системе.

Основы теории прецессии и нутации даются в пятой части курса.

В шестой части курса рассматриваются основы метода РСДБ, дается характеристика небесной и земной систем координат, которые задаются координатами радиоисточников и радиотелескопов, соответственно.

Дисциплина реализуется на 1 курсе в 2 семестре и является обязательной для освоения обучающимися.

Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе 51 академический час, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 21 академический час, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) – экзамен во 2 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»

(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 в научных исследованиях, знать основные понятия и математический аппарат, используемый в задачах сферической астрономии,</p> <p>Уметь: уметь формировать цели работы, принимать решения; планировать и проводить обработку наблюдений, объяснять и оценивать результаты, полученные в процессе астрометрических наблюдений</p> <p>Владеть: математическим аппаратом, применяемым в сферической астрономии, навыками самостоятельной работы, навыками обработки результатов астрометрических наблюдений</p>

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе:
51 академический час, отведенных на контактную работу обучающихся с

преподавателем, 21 академический час, 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				Всего		
		Занятия лекционного типа (лекций)	Занятия семинарского типа					
Семинары	Лабораторные занятия*		Практические занятия*					
Тема 1. Введение. Основы сферической тригонометрии Предмет сферической астрономии и межпредметные связи курса. Краткий исторический обзор развития сферической астрономии как раздела астрометрии. Структура курса. Основные задачи,	8	4	2			6	2	

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

<p> решаемые сферической астрономией: определение сферических систем координат, определение шкал времени и единиц времени, преобразование между системами координат и между шкалами времени, учет эффектов, искажающих положение небесных объектов. Рост точности наблюдений и точность редуцированных вычислений. </p> <p> Основные понятия: небесная сфера, основные круги и точки на небесной сфере, двугранный угол, сферический треугольник. Основные свойства сферического треугольника. Вывод основных формул сферической тригонометрии: формул синусов, косинусов и подобия. Сферические и </p>								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

прямоугольные координаты точки на небесной сфере.								
<p>Тема 2. Определение координатных систем на небе и Земле. Позиционная астрономия.</p> <p>Горизонтальная, экваториальная, эклиптическая и галактическая системы координат. Определение основных кругов и точек. Выделенные направления: отвесная линия и ось вращения Земли. Определение координат: азимута и высоты источника над горизонтом, прямого восхождения и склонения, эклиптической долготы и широты, галактической долготы и широты. Определение начала отсчета прямых восхождений. Определение эклиптики. Преобразование</p>	14	6	4			10	4	

<p>координат из одной системы в другую. Углы Эйлера. Матрицы преобразования координат. Топоцентрическая, геоцентрическая, гелиоцентрическая и барицентрическая системы координат. Понятие о небесной (ICRS) и земной (ITRS) системах координат. Изменение координат наземных пунктов. Модели тектонического движения плит.</p> <p>Основные параметры фигуры Земли. Геоид и референц-эллипсоид. Определение геодезических координат. Связь геодезических координат с геоцентрическими. Астрономические координаты и локальное отклонение отвесной линии.</p>								
<p>Тема 3. Шкалы времени.</p>	15	8	3			11	4	Опрос

<p>Неравномерность вращения Земли.</p> <p>Кульминация звезды. Определение момента прохождения источника через меридиан. Солнечное истинное и среднее время. Уравнение времени. Всемирное время. Системы Всемирного времени: UT0, UT1, UT2, Всемирное координированное UTC. Атомное время. Принцип формирования шкалы атомного времени. Стабильность шкалы атомного времени. Атомная секунда (секунда СИ).</p> <p>Местное, поясное и декретное время. Часовые пояса.</p> <p>Звездное время: истинное и среднее. Связь Всемирного и звездного времени. Вычисление истинного или среднего звездного времени по местному времени и обратно.</p>								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

<p>Летосчисление. Юлианская дата. Юлианский год. Тропический и звездный год. Динамические шкалы времени. Эфемеридное время. Эфемеридная секунда. Барицентрическое и земное динамическое время. Преобразование от шкалы Всемирного времени к барицентрическому динамическому времени. Пульсарная шкала времени. Стабильность пульсарной шкалы времени. Причины изменения угловой скорости вращения Земли. Вековые, декадные, периодические изменения продолжительности суток. Движение полюса. Редукция за движение полюса.</p>								
Тема 4. Редукция астрометрических наблюдений.	17	8	4			12	5	

<p>Эффекты, искажающие положение источников на небесной сфере.</p> <p>Рефракция. Вывод уравнения рефракции для плоскопараллельной и сферически-симметричной атмосферы. Таблицы рефракции. Влияние рефракции на прямое восхождение и склонение звезды. Рефракция при наблюдениях в радиодиапазоне. Задержка радиосигнала в ионосфере и тропосфере. Методы и точность учета задержки радиосигнала. Абerrация. Историческая справка. Причины абerrационного смещения звезд. Суточная, годовая и вековая абerrация. Изменение координат звезды из-за</p>								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

<p>аберрации.</p> <p>Приближенные и точные формулы учета годичной аберрации.</p> <p>Планетная аберрация.</p> <p>Параллактическое смещение звезд.</p> <p>Тригонометрические параллаксы. Изменение экваториальных координат звезд из-за параллактического смещения.</p> <p>Горизонтальный параллакс.</p> <p>Определение астрономической единицы.</p> <p>Отрицательные параллаксы.</p> <p>Собственные движения звезд. Преобразование координат звезд от одной эпохи наблюдений к другой.</p> <p>Вековой параллакс.</p> <p>Метод Шлезингера определения относительных тригонометрических параллаксов и собственных движений.</p> <p>Абсолютизация</p>								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

<p>тригонометрических параллаксов и собственных движений. Космические астрометрические проекты. Проект HIPPARCOS и его результаты. Каталоги тригонометрических параллаксов и собственных движений. Точность измерения. Редукция наблюдений.</p>								
<p>Историческая справка. Причины прецессии и нутации. Основы математической теории прецессии и нутации. Прецессия от планет. Понятие эпохи наблюдения, эпохи каталога, эпохи равноденствия. Средняя и истинная системы координат. Точные формулы учета влияния прецессии и нутации на координаты источников. Матрицы прецессии и нутации. Использование</p>	8	4	2			6	2	

Ежегодника для учета прецессии и нутации. Уравнение равноденствий. Вычисление истинного звездного времени.								
Тема 6. Основы редукиции радиоинтерферометрических наблюдений Принципы наблюдений на РСДБ. Редукция наблюдений. Методы определения координат радиоисточников и радиотелескопов. Принципы построения земной (ITRF) и небесной (ICRF) систем координат. Микросекундная точность наблюдений и проблема стабильности небесной системы координат.	8	4	2			6	2	Опрос
Промежуточная аттестация_Экзамен_ (указывается форма проведения)							2 ²	
Итого	72	51					21	

*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:

Примеры вопросов для устного опроса

1. Основные формулы сферической тригонометрии.
2. Определение экваториальных координат и начала отсчёта прямых восхождений.
3. Причины неравномерности вращения Земли.
4. Определение шкал динамического времени.
5. Определение и реализация систем координат на Земле и небесной сфере.
6. От каких параметров зависит скорость прецессионного движения.
7. Методы учёта задержки радиосигнала в тропосфере и ионосфере.

Примеры заданий промежуточной аттестации обучающихся

1 вариант

- 1) Широта Москвы $\varphi = 55^\circ 45'$. Определить угловое расстояние от точки зенита в Москве до полюса Мира.
- 2) Преобразовать из экваториальной в эклиптическую систему координаты звезды $\alpha = 305,5^\circ$ $\delta = 40,5^\circ$.
- 3) Доказать, что если в сферическом треугольнике сторона $a = 90^\circ$, то $\operatorname{tg} C = -\operatorname{tg} A \cos b$.

2 вариант

- 1) Найти те точки сферы, для которых эклиптическая долгота равна прямому восхождению, а эклиптическая широта равна склонению.
- 2) Доказать, что если в сферическом треугольнике сторона $a = 90^\circ$, то $\operatorname{tg} B = \operatorname{tg} b \sin C$.
- 3) Преобразовать координаты звезды X, Y, Z (ось Z – направлена в точку весеннего равноденствия, X – в северный полюс мира, Y – дополняет систему до правой) в экваториальную систему координат (α, δ) . Ответ записать в виде матрицы

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. Жаров В.Е. Сферическая астрономия. Рекомендовано УМО по классическому университетскому образованию в качестве учебника для студентов ВУЗ'ов, обучающихся по специальности "Астрономия". Фрязино, Век-2. 2006. 480 с.

2. Green R.M. Spherical astronomy. Cambridge University Press. 1985. 520 p.

3. Куликов К.А. Курс сферической астрономии. М.: Наука, 1976. 232 с.

Дополнительная литература.

Жаров В.Е. Время. Большая Российская энциклопедия. 2006. Т.6. С.24.

Куимов К.В., Жаров В.Е. Астрономическая навигация, Земля и Вселенная, «Наука», 2008, т. 5, с. 3-15.

- 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»: сайт МСВЗ <https://www.iers.org/>
- Описание материально-технической базы _____ *(приводится при необходимости)*

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