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:

Астрометрия

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

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

Аннотация к рабочей программе дисциплины
«Астрометрия»

Астрометрия – раздел астрономии, целью которого является установление пространственно-временной системы координат и определение параметров движения небесных тел в этой системе. Кинематические характеристики небесных тел являются основой для исследования их физических свойств и эволюции. Роль астрометрии особенно возросла в последнее десятилетие в связи с использованием космических аппаратов. Как следствие, изучение астрометрии является необходимым для всех специалистов, работающих в астрономии.

Астрометрия является одним из базовых курсов, необходимых для изучения будущими астрономами любого уровня подготовки. Содержание курса демонстрирует большую мировоззренческую и практическую значимость астрономии, показывающей масштабы Вселенной и являющейся основой навигации на Земле и в космическом пространстве.

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 «Астрометрия» 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», «Оптика»

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	***З-1 Знать:*** базовые астрономические и физико-математические теории и применять их в астрометрических наблюдениях, ***З-2 Знать:*** методы определения векторов положений и скоростей небесных тел из наблюдений, в том числе внеземных ***У-1Уметь:*** организовывать, проводить и обрабвтывать наблюдения с целью определения кинематических характеристик небесных тел; ***У-2Уметь:*** планировать и проводить обработку наблюдений, объяснять и оценивать результаты, полученные в процессе астрометрических наблюдений ***В-1 Владеть:*** математическим аппаратом, применяемым в астрометрии ***В-2 Владеть:*** навыками самостоятельной работы
ОПК-1.Б	***З-1 Знать:*** методы навигации на Земле и в космосе ***У-1Уметь:*** решать типовые задачи астрометрии ***В-1 Владеть:*** навыками обработки результатов астрометрических наблюдений

2. Форма обучения: очная.

3. Язык обучения: русский.

4. Содержание дисциплины

Тема 1. **Введение в астрометрию.**
Проблемы, относящиеся к астрометрии: установление пространственно-временной системы координат, разработка методов определения координат светил, методов навигации на Земле и в космическом пространстве, изучение вращения Земли. Взаимосвязь астрометрии с другими областями астрономии.
Астрометрические параметры светил: сферические координаты, параллаксы, собственные движения. Лучевые скорости как особый астрометрический параметр, требующий для своего определения специальных наблюдений. Современные методы измерения лучевых скоростей.

Физические основы определения координат светил: оценка теоретически возможной точности определения сферических координат. Небесные тела, с которыми могут быть связаны системы координат. Квантовые ограничения и ограничения, связанные с переменностью гравитационного поля во Вселенной. Практический способ установления системы координат: формирование фундаментальных каталогов звезд и внегалактических объектов, стандартных эфемерид движения тел Солнечной системы. Понятия "система координат" и "система отсчёта".

Тема 2. **Интерференция в астрометрии.**

Интерференция света: длина и время когерентности, функция когерентности, оптические и радиоинтерферометры в астрометрии.

Принцип определения координат светил в радиодиапазоне с помощью радиоинтерферометра со сверхдлинной базой. Метод независимого приема сигнала на отдельных антеннах. Основные этапы обработки наблюдений, выполненных на радиоинтерферометре. Точность наблюдений и факторы, ее определяющие.

Установление системы координат, связанной с внегалактическими радиоисточниками.

Тема 3. **Оптическая астрометрия**.

Определение координат и собственных движений объектов, излучающих в оптическом диапазоне. Телескопы и приёмники света, употребляемые для определения координат. Понятие об аберрациях оптических систем. Определение положений и интенсивности изображений по данным измерений на цифровых измерительных приборах. Формулы для перехода от измеренной системы координат к небесной. Особенности организации наблюдений и измерений при определении собственных движений и параллаксов. Точность относительных определений координат и факторы, ее определяющие.

Методы определения координат светил в нетрадиционных спектральных диапазонах – рентгеновском и гамма-диапазоне.

Астрометрические каталоги. Фундаментальные и сводные каталоги. Систематические и случайные ошибки каталогов. Современные фундаментальные каталоги. Каталоги - расширения фундаментального, наиболее часто употребляемые в настоящее время. Характеристики полноты и точности этих каталогов.

Тема 4. **Шкалы времени в астрономии.**

Современные шкалы времени: земное время, геоцентрическое координатное время, барицентрическое координатное время. Их физическая и измерительная основы. Переход от одной шкалы к другой.

Астрономические шкалы времени в их историческом развитии: звездное, среднее солнечное и всемирное время, эфемеридное время, земное динамическое время и барицентрическое динамическое время.

Физические и измерительные основы этих шкал. Применение этих шкал в современной астрономии. Практическая шкала времени: всемирное координированное время. Переход от этой шкалы к другим шкалам.

Тема 5. **Космические астрометрические проекты.**

Преимущества астрометрического космического аппарата. Космический проект "HIPPARCOS". Точность определения положений, собственных движений и параллаксов для звезд разных величин.

Космический проект GAIA. Принципиальные отличия организации, обработки наблюдений и результатов космического аппарата от таковых при наземных наблюдениях.

Тема 6. **Вращение Земли.**

Изучение вращения Земли. Параметры, характеризующие вращение Земли: направление и абсолютная величина вектора угловой скорости, расположение Земли относительно этого

вектора. Изменение со временем параметров вращения Земли и его причины. Кинематическая картина вращения Земли. Классические и современные методы определения параметров вращения Земли.

Тема 7. **Астрономическая навигация на Земле и в космосе**.

Классические и современные методы навигации.

Тема 8. **Система фундаментальных астрономических постоянных.**

Система фундаментальных постоянных как итог астрономических исследований определенного этапа. Характерные черты системы: согласованная совокупность числовых значений астрономических величин и методов вычислений при текущей работе. Система постоянных 1976 г. и дополнения к ней. Система постоянных Международной службы вращения Земли и систем отсчета (2010).

Заключение. Некоторые нерешённые задачи астрометрии: измерения собственных движений внегалактических объектов, пульсары как новый астрономический эталон времени.

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	
Астрометрия	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 «Астрометрия» 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	Введение в астрометрию	**16**	**8**	**-**	**-**	**8**	Собеседование, опрос
2	Интерференция в астрометрии	**8**	**4**	**-**	**-**	**4**	
3	Оптическая астрометрия	**12**	**6**	**-**	**-**	**6**	
4	Шкалы времени в астрономии	**8**	**4**	**-**	**-**	**4**	
5	Космические астрометрические проекты	**10**	**6**	**-**	**-**	**4**	
6	Вращение Земли	**8**	**4**	**-**	**-**	**4**	
7	Астрономическая навигация на Земле и в космосе	**4**	**2**	**-**	**-**	**2**	
8	Система фундаментальных астрономических постоянных	**4**	**2**	**-**	**-**	**2**	
	Промежуточная аттестация	**2**				**2**	Экзамен в форме письменной работы с последующим собеседованием
ИТОГО:		**72**	**36**	**-**	**-**	**36**	

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Астрометрия» 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 «Астрометрия» 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
Оценочные средства текущего контроля		
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
Оценочные средства промежуточной аттестации		
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 З-1	Отсутствие знаний фундаментальных законов механики и их взаимосвязей	В целом успешные, но не систематические знания фундаментальных законов механики и их взаимосвязей	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания фундаментальных законов механики и их взаимосвязей	Успешные и систематические знания фундаментальных законов механики и их взаимосвязей

ЗНАТЬ: основные понятия математическ ой обработки эксперимента механики УК-1.Б З-2	Отсутствие знаний или фрагментарное знание основных понятий математической обработки эксперимента механики	В целом успешное, но не систематическо е знание основных понятий математическо й обработки эксперимента механики	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы знание основных понятий математическо й обработки эксперимента механики	Успешное и систематическое знание основных понятий математической обработки эксперимента механики
ЗНАТЬ: основные математическ ие методы, используемые при решении задач механики ОПК-1.Б З-1	Отсутствие знаний или фрагментарное применение основных математических методов, при решении задач механики	В целом успешное, но не систематическо е применение основных математически х методов, при решении задач механики	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы знание основных математически х методов, при решении задач механики	Успешное и систематическое знание основных математических методов, при решении задач механики
УМЕТЬ: строить теоретические модели механики, используя критически анализ данных УК-1.Б У-1	Отсутствие умения строить теоретические модели механики, используя критически анализ данных	В целом успешное, но не систематическо е умение строить теоретические модели механики, используя критически анализ данных	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умение строить теоретические модели механики, используя критически анализ данных	Успешное и систематическое умение строить теоретические модели механики, используя критически анализ данных
УМЕТЬ: планировать и проводить эксперимента льные исследования в области механики, объяснять и оценивать в рамках основных физических законов	Отсутствие умения планировать и проводить эксперименталь ные исследования в области механики, объяснять и оценивать в рамках основных физических	В целом успешное, но не систематическо е умение планировать и проводить эксперименталь ные исследования в области механики, объяснять и оценивать в	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умение планировать и проводить эксперименталь ные исследования в области механики,	Успешное и систематическое планировать и проводить эксперименталь ные исследования в области механики, объяснять и оценивать в рамках основных физических

результаты, полученные в процессе эксперимента УК-1.Б У-2	законов результаты, полученные в процессе эксперимента	рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	объяснять и оценивать в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента	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 успешное, 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 успешное, 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 в механике УК-1.Б В-1	Отсутствие/фрагментарное владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в механике	В целом успешное, но не систематическое владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в механике	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в механике	Успешное и систематическое владение математическим аппаратом, математическим аппаратом, применяемым в механике
ВЛАДЕТЬ: методами теоретического исследования явлений и процессов в механике УК-1.Б В-2	Отсутствие/фрагментарное владение методами теоретического исследования явлений и процессов в механике	В целом успешное, но не систематическое владение методами теоретического исследования явлений и	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение методами теоретического	Успешное и систематическое владение методами теоретического исследования явлений и процессов в механике

		процессов в механике	исследования явлений и процессов в механике	
ВЛАДЕТЬ: навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов ОПК-1.Б В-1	Отсутствие/фрагментарное владение навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов	В целом успешное, но не систематическое владение навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов	В целом успешное, 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. Ковалевский Жан. Современная астрометрия. Фрязино, Век-2, 2004
2. Kovalevsky J., Seidelman P.K. Fundamentals of Astrometry. Cambridge University Press, 2004.

Дополнительная литература.

Блажко С.Н. Курс практической астрономии. 1979. М.: Наука.

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.