

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Фундаментальная астрометрия

по направлению подготовки

09.03.02 Информационные системы и технологии

Направленность (профиль) подготовки:
«Информационные системы и технологии в астрономии и космической геодезии»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Инженер-разработчик информационных технологий

Год приема
2024

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
О.М. Сюсина

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2024

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

ПК-2. Способен разрабатывать алгоритмы и программы, применять методы компьютерного моделирования для решения задач профессиональной деятельности

Результатами обучения дисциплины являются:

– РООПК 1.2 – Умеет решать задачи профессиональной деятельности с применением математических методов анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

– РОПК 2.2 – Умеет применять общее и специализированное программное обеспечение для создания компьютерных моделей физических явлений и процессов.

2. Задачи освоения дисциплины

Сформировать у студента стойкие знания фундаментальных понятий, задач и методов астрометрии как науки, изучающей геометрические и кинематические характеристики Вселенной, а также умение пользоваться методами астрометрии на практике.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Семестр 6, зачет.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Математический анализ, линейная алгебра и аналитическая геометрия, общая астрономия.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часа, из которых:

– лекции: 16 ч.;

– практические занятия: 32 ч.

в том числе практическая подготовка: 24 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Предмет астрометрии.

Место астрометрии в астрономии, объекты астрометрии, основные темы астрометрии. Астрометрическая техника и методы.

Тема 2. Астрономические системы координат.

Сферические системы астрономических координат, взаимосвязь между ними. Теоретические и опорные системы отсчета. Установление пространственно-временной опорной системы отсчета в виде каталога опорных звезд. Установление системы отсчета, связанной с внегалактическими радиоисточниками.

Тема 3. Шкалы времени.

Солнечное время, системы Всемирного времени и неравномерность вращения Земли. Местное, поясное и декретное время. Звездное время, эфемеридное время, атомное время. Динамические шкалы времени, пульсарная шкала времени. Системы счета дней, летосчисление.

Тема 4. Измерение времени.

Хронометрия, лазеры. Глобальная система позиционирования — GPS. Радиолокация планет.

Тема 5. Практическая астрометрия.

Астрономические инструменты. Коуровская астрономическая обсерватория, космические телескопы.

Тема 6. Практические задания.

Выполнение лабораторной работы по обработке снимков. Решение задач на различные темы в течение семестра.

9. Текущий контроль по дисциплине.

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ и практических занятий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. На практических занятиях студенты учатся обрабатывать снимки с использованием программы IZMCCD и решают задачи.

Контрольные работы проводятся по темам и вариантам, в каждом варианте присутствует вопросы и задачи. Перечень тем:

1. Предмет астрометрии
2. Астрономические системы координат.
3. Шкалы времени
4. Измерение времени
5. Практическая астрометрия

Примеры задач:

1. Суточный параллакс Солнца $p_0=8''.8$, а видимый угловой радиус Солнца $r_Q=16'01''$. Во сколько раз радиус Солнца больше радиуса Земли?
2. Чему равен угловой диаметр Солнца, видимый с Плутона? Расстояние от Солнца до Плутона считать равным 40 а.е.
3. Определить диаметр звезды Проксима Центавра в километрах при видимом угловом диаметре $0.001''$ и параллаксе $0.769''$.
4. Посчитать абсолютные звездные величины Солнца и Веги.
5. Диаметр Апофиса 370 м, альбедо – 0.23. 13 апреля 2029 года Апофис пройдет на расстоянии 38304 км от геоцентра. Найдите его абсолютную и видимую звездную величину (без учета фазы).
6. В Орле по часам, идущим по киевскому звездному времени, в 4^h48^m наблюдалась верхняя кульминация Капеллы ($\alpha=5^h10^m$). Какова разность долгот этих двух городов?

Работа в течение семестра оценивается следующим максимальным числом баллов:

- посещение и работа на лекциях 32 балла;
- написание контрольных работ 47 баллов;
- выполнение лабораторной работы по обработке снимков 15 баллов.

Если студент набирает за семестр 58 баллов, то он освобождается от промежуточной аттестации.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет проводится в устной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы и задачу. Продолжительность зачета 1 час. Особое внимание уделяется знанию сферических систем координат и шкал времени.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Что такое астрометрия?
2. Основные задачи астрометрии.
3. Параллакс.
4. Квазар.
5. Основные разделы астрометрии.
6. ПВСК.
7. ПВСО.
8. Классические астрометрические инструменты.
9. Теоретическая система отсчета.
10. Опорная система отсчета.
11. Фундаментальные астрономические постоянные.
12. Система астрономических постоянных (определение).
13. Современная система астрономических постоянных.
14. Фундаментальный каталог (определение).
15. Современный фундаментальный каталог.
16. ICRF, ICRF2.
17. HCRF.
18. Эфемеридное время.
19. Основные задачи, которые необходимо решить при реализации опорной системы.
20. Наблюденная система координат.
21. Переход от фундаментальной системы координат к инерциальной.
22. Свойства опорной системы, необходимые для удовлетворения нужд современной науки.
23. Характеристики фундаментального каталога, подходящего для создания опорной системы.
24. Какую роль играет небесная сфера при наблюдении и измерении положений светил?
25. В чем отличие видимых топоцентрических, геоцентрических и гелиоцентрических положений небесных объектов?
26. Почему изменяется положение земной оси в пространстве относительно звезд. Каков характер этого движения?
27. Что такое эклиптика и в каком направлении наблюдается видимое движение Солнца по ней?
28. Какое обозначение имеют точки осеннего и весеннего равноденствия и почему?
29. Физический смысл точек осеннего и весеннего равноденствия.
30. Что такое астрономическая широта?
31. Что такое плоскость горизонта и полуденная линия в данной точке земного сфероида?
32. Что такое кульминация светил?
33. От чего зависит разность высот светил в моменты обоих кульминаций?
34. Тропический год.
35. Плоскость небесного меридиана.
36. Вертикал и круг склонения светила.
37. Главные направления и плоскости в различных системах координат.
38. Координаты в различных системах координат.
39. Звездное время.

40. Параллактический треугольник.
41. Астрономический треугольник.
42. Абсолютная и видимая звездная величина для звезд и тел Солнечной системы.
43. Местное истинное солнечное время.
44. Истинные солнечные сутки.
45. Среднее эклиптическое Солнце.
46. Среднее экваториальное Солнце.
47. Средние солнечные сутки.
48. Уравнение времени.
49. Всемирное время.
50. UTC.
51. Местное среднее время.
52. Декретное время.
53. Московское время.
54. Звездное время.
55. Звездные сутки.
56. Эфемеридное время.
57. Шкала атомного времени, атомная секунда.
58. Юлианская дата.
59. Тропический год.
60. Звездный год.
61. Хронометрия.
62. Осциллятор.
63. Кварцевые часы.
64. Атомный стандарт частоты.
65. Шкала времени.
66. Мазер.
67. Международное атомное время.
68. Лазер.
69. Лазерная дальномерная система.
70. Перечислите известные вам глобальные навигационные системы.
71. Назовите два различных способа применения радиолокации планет.
72. Пульсар.
73. Древние астрономические обсерватории.
74. Старинные астрономические инструменты и инструменты навигации.
75. Кто и когда изобрел оптический телескоп?
76. Рефрактор.
77. Рефлектор.
78. Катадиоптрические телескопы.
79. Крупнейшие современные телескопы.
80. Самый большой в мире наземный радиотелескоп.
81. Коуровская астрономическая обсерватория.
82. Космические телескопы.
83. Разрешение телескопа.

Примеры задач:

Задача 1. Годичный параллакс ближайшей к Солнцу звезды – Проксимы Центавра – равен 768.7 ± 0.3 mas. Определить расстояние до нее в парсеках, астрономических единицах и световых годах, оценить, как погрешность в измерении параллакса влияет на погрешность в измерении расстояний.

Задача 2. Оцените наименьшее расстояние от Земли до Венеры и определите ее суточный параллакс в этот момент.

Задача 3. Определите диаметр звезды Проксима Центавра в километрах при видимом угловом диаметре $0.001''$. Годичный параллакс Проксимы Центавра равен $768.7 \pm 0.3 \text{ mas}$.

Задача 4. Эксцентриситет орбиты Земли $e = 0.017$. Определите угловой радиус Солнца в перигелии и афелии. Радиус Солнца примерно равен 700 тыс км.

Задача 5. С́ириус (лат. *Sirius*), также α Большого Пса (лат. α *Canis Majoris*) — звезда созвездия Большого Пса. Ярчайшая звезда ночного неба. Видимый блеск -1.46m .

Задача 6. В Поясе Койпера на одинаковом расстоянии от Солнца движутся два сферических объекта. Объект №1 имеет диаметр 200 км и альbedo равное 0.6. Объект №2 – диаметр 300 км и альbedo 0.5. Какой из них для земного наблюдателя будет выглядеть ярче и на сколько звездных величин?

Задача 7. Полное затмение Солнца должно было произойти в пункте с долготой $\lambda = 2^{\text{h}} 30^{\text{m}}$ в $9^{\text{h}} 27^{\text{m}}$ гринвичского времени. Уравнение времени в этот день было $\eta = -9^{\text{m}}$. Произошло ли затмение до момента истинного полудня?

Задача 8. Часовой угол светила $t = 68^\circ$. Когда оно прошло свою ВК?

Задача 9. Часовой угол светила $t = 68^\circ$. Через какое время оно достигнет нижней кульминации?

Задача 10. Можно ли в Томске увидеть Проксиму Центавра?

Прямое восхождение $14^{\text{ч}} 29^{\text{м}} 43,00^{\text{с}}$

Склонение $-62^\circ 40' 46''$

Задача 11. Можно ли увидеть Проксиму Центавра в Северном полушарии. Если да, то где?

Задача 12. Определите разрешение человеческого глаза, приняв длину волн видимого излучения равной 555 нм.

Задача 13. В первоначальном проекте телескопа Хаббла предполагался размер главного зеркала 3 м. Определите его разрешение, приняв длину волн видимого излучения равно 555 нм.

Задача 14. Определите разрешение телескопа «РАТАН–600» на длине волны 18 см.

Задача 15. Каким разрешением должен обладать телескоп, чтобы с его помощью с Земли можно было увидеть Большое Красное Пятно Юпитера (его размер порядка 16 тыс км)?

На зачете проверяются результаты освоения дисциплины по компетенциям – РОПК 1.2, РПК 2.2. Допуском к зачету является выполнение лабораторной работы по обработке снимков.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24850>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по проведению лабораторных работ.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Ковалевский Ж. Современная астрометрия. Фрязино. «Век 2», 2004. 480 с.

2. Подобед В.В., Нестеров В.В. Общая астрометрия. М.: Наука, 1982.

3. Блажко С.Н. Курс практической астрономии. М.: Ф.-М., 1989.

4. Подобед В.В. Фундаментальная астрометрия. М.: Наука, 1985. Витязев В.В. Анализ астрометрических каталогов с помощью сферических функций. — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2017. 224 с.

5. Островский А. Б. Учебная практика по астрометрии. Учебно-методическое пособие для студентов 2-го курса. Екатеринбург. 2015

б) дополнительная литература:

1. Куимов К.В. Современная астрометрия // Земля и Вселенная: Журнал. М., 2003. № 5. С. 23–34.
2. Основы эфемеридной астрономии. Абалакин В. К., Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1979. 448 с.
3. Izmailov I.S., Khovricheva M.L, Khovrichev M.Yu. et al.: Astrometric CCD observations of visual double stars at the Pulkovo Observatory // Astronomy Letters. V. 36. Is. 5, P. 349–354.

в) ресурсы сети Интернет:

www.astronet.ru

https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb_lookup.html#/

https://minorplanetcenter.net/db_search

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook); Программа Izmcdd.

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

в) профессиональные базы данных:

– База данных NASA https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb_lookup.html#/

– База данных центра малых планет https://minorplanetcenter.net/db_search

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Галушина Татьяна Юрьевна, к.ф.-м.н., Томский государственный университет, доцент