

Лабораторные работы

и

задачи по астрономии

Учебно-методическое пособие

Федеральное агентство по образованию РФ
ФГБОУ ВО "Удмуртский государственный университет"

Лабораторные работы
и задачи по астрономии
Учебно-методическое пособие

Ижевск

УдГУ

2016

УДК 52

ББК 22.6

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом УдГУ

Н.Г. Трубицына

Лабораторные работы и задачи по астрономии: учебно-методическое пособие / Н.Г. Трубицына. – Ижевск: Удгу, 2016. - 33 с.

Учебно-методическое пособие рекомендуется студентам, изучающим курс астрономии.

УДК 52

ББК 22.6

©Н.Г. Трубицына

Содержание

Введение.....	5
Лабораторная работа №1	5
Лабораторная работа №2.....	7
Лабораторная работа №3.....	12
Лабораторная работа №4.....	17
ЗАДАЧИ.....	23
Наблюдательная астрономия	23
Теоретическая астрономия.....	24
Законы Кеплера и задача двух тел.....	25
Движение тел Солнечной системы.....	26
Галактики	27
Ответы и решения задач.....	28

Введение

Пособие содержит два логических раздела. В первом содержатся лабораторные работы, выполнение которых позволяет освоить основы наблюдательной астрономии и знакомит с некоторыми астрономическими приборами. Во втором разделе предложены олимпиадные задачи (2002-2015 г., Республиканский этап Всероссийской олимпиады по астрономии), которые развивают интерес к теории астрономии

Задачи, помещенные в сборнике, требуют знаний в объеме программы средней школы. По характеру делятся на задачи на сообразительность и на упражнения по вычислению величин. При решении первых зачастую удобно пользоваться небесным глобусом (армилярной сферой). Очень полезно также выполнять вспомогательные рисунки и чертежи. В задачах второго типа необходимо правильно переводить одни системы величин в другие и делать вычисления с заранее заданной точностью. При решении полезно иметь под рукой учебник общей астрономии и астрономические календари.

Лабораторная работа №1

СОЗВЕЗДИЯ

Цель: изучение видимых положений светил и созвездий.

Оборудование: программа Stellarium.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Stellarium — это свободный планетарий для компьютера с открытым исходным кодом. Он отображает реалистичное небо в 3D таким, каким вы видите его невооружённым глазом, в бинокль или телескоп. Приложение Stellarium обеспечивает визуализацию более 120 000 звезд, зарегистрированных в каталоге Hipparcos, а также других объектов открытого космоса по каталогу Messier. Среди наиболее интересных возможностей продукта - функция управления временем, генерирование расположения звезд, наблюдаемого из любой точки земного шара, фотореалистичные ландшафты, имитация атмосферных оптических явлений, отображение сеток координат, добавление подписей для всех объектов, а также поиск объектов, воспроизведение орбит и траекторий движения планет и выделение созвездий соединительными линиями. Интерфейс позволяет выполнить

- масштабирование,

- контроль хода времени,
- проекцию "рыбий глаз" для проецирования изображения на купол планетария,
- управление телескопом.

Есть возможность

- настроить экваториальную и азимутальную сетки,
- отобразить мерцание звёзд,
- проследить метеоры,
- выполнить симуляцию затмений,
- задать моделирование сверхновых,
- настроить ландшафты.

ЗАДАНИЯ К РАБОТЕ

1. При первом запуске программы подведите курсор к левой границе экрана. Появится меню «настройка». Изучите ее.

2. Настройте планетарий:

а) укажите местоположение, например: Ижевск, долгота $53^{\circ}13'$, широта $56^{\circ}51'$;

б) подберите ландшафт (окно настроек неба и наблюдения);

в) изучите окно выбора даты и времени.

г) ознакомьтесь с инструментами в нижней части экрана. Запишите в тетрадь название каждого и его назначение.

3. Выпишите экваториальные координаты и видимую звездную величину всех ярких звезд северного полушария. Используйте в работе окно поиска.

4. Запишите названия созвездий, по которым проходит Млечный путь.

5. Установите текущую дату и зарисуйте в тетрадь линии ярких созвездий вблизи Северного полюса мира.

6. Запишите название созвездия, находящегося на востоке вблизи горизонта в $22^{\text{h}}00^{\text{m}}$ на текущую дату. Повторите исследования с шагом в один месяц. Заполните таблицу

Дата	Созвездие	Яркие звезды
15.02.15		
15.03.15		

Лабораторная работа №2

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НЕБЕСНОЙ СФЕРЫ. СИСТЕМЫ НЕБЕСНЫХ КООРДИНАТ.

Цель: изучение основных элементов и суточного вращения небесной сферы на ее модели. Знакомство с системами небесных координат. Изучение условий видимости светил на различных широтах.

Оборудование: модель небесной сферы, программа Stellarium.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

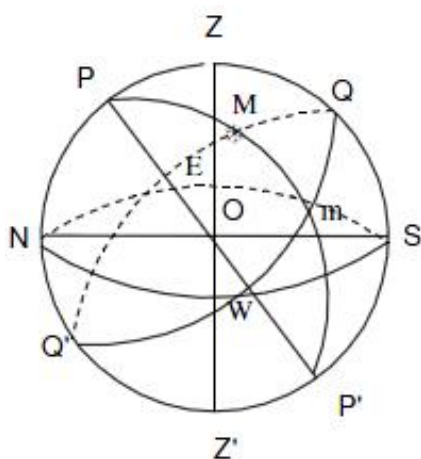


Рисунок 1

Небесная сфера и ее элементы

Небесная сфера и ее элементы. Сфера произвольного радиуса с центром, помещенным в произвольной точке пространства, называется *небесной сферой*.

Отвесная линия — прямая ZOZ' , проходящая через центр небесной сферы. отвесная линия пересекается с поверхностью небесной сферы в двух точках — *зените* Z над головой наблюдателя и *надире* Z' под ногами наблюдателя.

Истинный (математический) горизонт — большой круг небесной сферы $SWNE$, плоскость которого перпендикулярна к отвесной линии. Истинный горизонт делит поверхность небесной сферы на две полусферы: *видимую полусферу* с вершиной в зените и *невидимую полусферу* с вершиной в надире.

Круг высоты или *вертикал* светила — большой полукруг небесной сферы ZMZ' , проходящий через светило M , зенит и надир.

Альмукантарат (араб. «круг равных высот») — малый круг небесной сферы, плоскость которого параллельна плоскости математического горизонта. Круги высоты и альмукантараты образуют координатную сетку, задающую горизонтальные координаты светила.

Ось мира — линия POP' , проходящая через центр мира, вокруг которой происходит вращение небесной сферы. Ось мира пересекается с поверхностью небесной сферы в двух точках — **северном полюсе мира P** и **южном полюсе мира P'** . Вращение небесной сферы происходит против часовой стрелки вокруг северного полюса, если смотреть на небесную сферу изнутри.

Небесный экватор — большой круг небесной сферы $QWQ'E$, плоскость которого перпендикулярна оси мира. Небесный экватор делит небесную сферу на два полушария: *северное* и *южное*.

Круг склонения — большой круг небесной сферы, проходящий через полюсы мира.

Суточная параллель — малый круг небесной сферы, плоскость которого параллельна плоскости небесного экватора. Видимые суточные движения светил совершаются по суточным параллелям.

Небесный экватор пересекается с математическим горизонтом в *точке востока E* и *точке запада W* . Точкой востока называется та, в которой точки вращающейся небесной сферы восходят из-за горизонта. Полукруг высоты, проходящий через точку востока или запада, называется *первым вертикалом*.

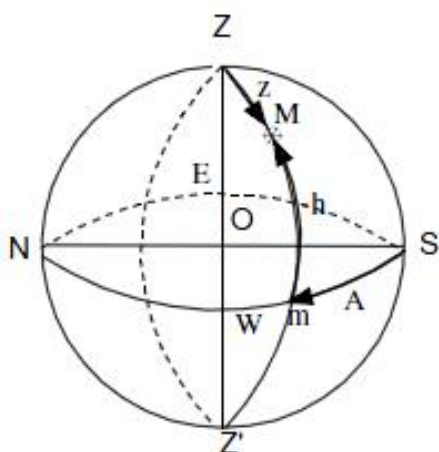


Рисунок 2

Горизонтальная система координат

Небесный меридиан — большой круг небесной сферы $PZQSP'Z'Q'N$, плоскость которого проходит через отвесную линию и ось мира. Небесный меридиан делит поверхность небесной сферы на два полушария: *восточное полушарие* и *западное полушарие*.

Полуденная линия — линия пересечения плоскости небесного меридиана и плоскости математического горизонта (NOS). Полуденная линия и небесный меридиан пересекают математический горизонт в двух точках: *точке севера N* и *точке юга S* . Точкой севера называется та, которая ближе к северному полюсу мира.

Эклиптика — большой круг небесной сферы, по которому происходит видимое годовое движение Солнца. Плоскость эклиптики пересекается с плоскостью небесного экватора под углом $\varepsilon = 23^\circ 26'$.

Две точки, в которых эклиптика пересекается с небесным экватором, называются *точками равноденствия*. В *точке весеннего равноденствия* (\mathcal{V}) Солнце в своём годовом движении переходит из южного полушария небесной сферы в северное; в *точке осеннего равноденствия* (\mathcal{O}) — из северного полушария в южное. Две точки эклиптики, отстоящие от точек равноденствия на 90° и тем самым максимально удалённые от небесного экватора, называются *точками солнцестояния*. *Точка летнего солнцестояния* находится в северном полушарии, *точка зимнего солнцестояния* — в южном полушарии.

Горизонтальная система небесных координат. В этой системе центр помещается в месте нахождения наблюдателя на поверхности земли, основной плоскостью является плоскость математического горизонта NWSE. Одной координатой при этом является либо *высота* светила h , либо его *зенитное расстояние* z . Другой координатой является *азимут* A .

Высотой h светила называется дуга mM вертикального круга от математического горизонта до светила, или угол между плоскостью математического горизонта и направлением на светило. Высоты отсчитываются в пределах от 0° до $+90^\circ$ к зениту и от 0° до -90° к надиру.

Зенитным расстоянием z светила называется дуга вертикального круга ZM от зенита до светила, или угол между отвесной линией и направлением на светило. Зенитные расстояния отсчитываются в пределах от 0° до 180° от зенита к надиру.

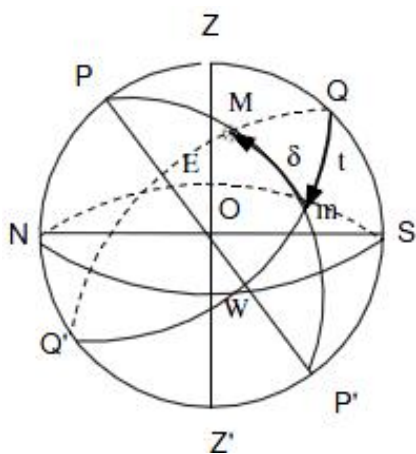


Рисунок 3

Первая экваториальная система координат

Азимут A светила называется дуга математического горизонта SA от точки юга до вертикального круга светила, или угол между полуденной линией и линией пересечения плоскости математического горизонта с плоскостью вертикального круга светила. Азимуты отсчитываются в сторону суточного вращения небесной сферы, то есть к западу от точки юга, в пределах от 0° до 360° . Иногда азимуты отсчитываются от 0° до $+180^\circ$ к западу и от 0° до -180° к востоку. (В геодезии азимуты отсчитываются от точки севера.)

Первая экваториальная система небесных координат.

В этой системе основной плоскостью является плоскость небесного экватора. Одной координатой при этом является *склонение* δ (реже — *полярное расстояние* p). Другой координатой — *часовой угол* t .

Склонением δ светила M называется дуга круга склонения mM от небесного экватора до светила, или угол между плоскостью небесного экватора и направлением на светило. Склонения отсчитываются в пределах от 0° до $+90^\circ$ к северному полюсу мира и от 0° до -90° к южному полюсу мира.

Полярным расстоянием p светила называется дуга круга склонения PM от северного полюса мира до светила, или угол между осью мира и направлением на светило. Полярные расстояния отсчитываются в пределах от 0° до 180° от северного полюса мира к южному.

Часовым углом t светила называется дуга QM небесного экватора от верхней точки небесного экватора (то есть точки пересечения небесного экватора с небесным меридианом) до круга склонения светила, или двугранный угол между плоскостями небесного меридиана и круга склонения светила. Часовые углы отсчитываются в сторону суточного вращения небесной сферы, то есть к западу от верхней точки небесного экватора, в пределах от 0° до 360° (в градусной мере) или от 0^h до 24^h (в часовой мере). Иногда часовые углы отсчитываются от 0° до $+180^\circ$ (от 0^h до $+12^h$) к западу и от 0° до -180° (от 0^h до -12^h) к востоку.

Эта система координат используется в практической астрономии для определения точного времени.

Вторая экваториальная система небесных координат.

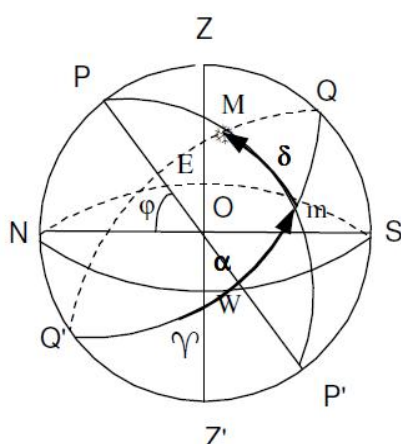


Рисунок 4

Вторая экваториальная система координат

В этой системе, как и в первой экваториальной, основной плоскостью является плоскость небесного экватора, а одной координатой — *склонение* δ (реже — *полярное расстояние* p). Другой координатой является *прямое восхождение* α .

Прямым восхождением (α) светила называется дуга γt небесного экватора от точки весеннего равноденствия до круга склонения светила. Прямые восхождения отсчитываются в сторону, противоположную суточному вращению небесной сферы, в пределах от 0° до 360° (в градусной мере) или от 0^h до 24^h (в часовой мере).

Эта система используется для определе-

ния неизменных при суточном вращении небесной сферы координат небесных объектов.

ЗАДАНИЯ К РАБОТЕ

1. По модели небесной сферы изучите ее основные элементы и изменение их положения относительно наблюдателя в процессе суточного вращения небесной сферы.
2. Выполните задание из пункта 1, используя программу Stellarium.
3. Выполните чертеж, изобразив Землю и положение небесной сферы, ее основных элементов для широты $\varphi = 56^\circ$.
4. Определите высоту, зенитное расстояние и азимут точек юга, востока, севера, запада.
5. Используя справочник, определите, какие из ярких звезд никогда не появляются над горизонтом на северной широте $\varphi = 56^\circ$.¹
6. Для наблюдателей на территории России Солнце никогда не проходит прямо над головой. В каком месте Земли вы должны находиться, чтобы Солнце проходило через зенит в день: (а) весеннего равноденствия? (б) летнего солнцестояния? (в) осеннего равноденствия? (г) зимнего солнцестояния?
7. Вычислить зенитное расстояние и высоту светила в верхней и нижней кульминации на земном экваторе, северном тропике, северном полярном круге, северном географическом полюсе.

1) Капелла;

¹ Для поиска решений рекомендую книгу Д. Моше «Астрономия».

- 2) Ригель;
- 3) Мицар;
- 4) Алголь;
- 5) Сириус;
- 6) Денеб.

Результаты вычислений оформить в таблицу:

Место	φ	z_e	h_e	z_n	h_n

8. Используя эфемериды Солнца и Луны (из программы Stellarium или переменной части Астрономического календаря) записать моменты восхода и захода Солнца и Луны в г.Ижевск и найти азимуты точек горизонта, где это происходит.

- 1) 28 января;
- 2) 14 февраля;
- 3) 8 марта;
- 4) 1 апреля;
- 5) 9 мая;
- 6) 20 июня.

Лабораторная работа №3

ПОДВИЖНАЯ КАРТА ЗВЕЗДНОГО НЕБА

Цель: знакомство с картой звездного неба, поиск ярких созвездий, определение времени восхода, захода и кульминации светил.

Оборудование: демонстрационная подвижная карта.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Демонстрационная подвижная карта звездного неба является пособием, служащим для ознакомления с различными объектами звездного неба и позволяющим решать ряд задач сферической и практической астрономии. На карте нанесены все видимые невооруженным глазом звезды (до 5,75 видимой звездной величины), и также наиболее интересные объекты, доступные наблюдениям в небольшой телескоп или светосильный бинокль. Карта охватывает область от северного полюса мира до $d = -45^\circ$ по склонению.

Различные объекты изображены на карте следующими условными обозначениями:

- - звезды; в зависимости от блеска показаны кружками различных диаметров, причем к звездам 1-ой звездной величины отнесены все звезды с видимой звездной величины от $0^m,76$ до $0^m,25$; к звездам $1^m,5$ в пределах от $1^m,26$ до $1^m,75$; к звездам $2^m,0$ - от $1^m,76$ до $2^m,25$ и так далее.

Цветными кружками в центре изображений самых ярких звезд (до третьей звездной величины) обозначены спектральные классы их. Голубым цветом обозначены звезды спектральных классов O, B; белым - A; желтым - F, G; красным - K, M; в скобках рядом показана примерная температура поверхности звезды соответствующего спектрального класса.

- двойные и кратные звезды; диаметр кружка обозначает суммарную видимую звездную величину соответствующих звезд; за верхний предел углового расстояния между составляющими принято 40. Двойственность таких звезд может быть замечена при наблюдениях в небольшой телескоп или бинокль.

- близкие звезды, диаметр кружка обозначает суммарную видимую звездную величину составляющих звезд. Масштаб карты не позволяет изобразить такие звезды отдельно, но многие из них разрешаются или невооруженным глазом или с помощью театрального бинокля.

- - переменные звезды; размер внутреннего кружка показывает видимую звездную величину переменной звезды в момент ее наименьшего блеска, а размер внешнего - в момент наибольшего блеска. На карте обозначены только такие переменные звезды, амплитуда изменения блеска которых не менее одной звездной величины, а видимая звездная величина в момент минимального блеска не больше $4^m,0$;



- 1901- новые и сверхновые звезды, размер кружка показывает видимую звездную величину в момент наибольшего блеска. На карте рядом с этим знаком проставлен год вспышки этой звезды,



- радианты метеорных потоков; на карте рядом с этим знаком проставлена дата максимума действия данного метеорного потока;



- источники радиоизлучения;



- рассеянные звездные скопления;

/- шаровые звездные скопления; на карте рядом со знаком скопления (шарового или рассеянного) стоит число с буквой М (например М 13), показывающее номер объекта по каталогу Мессье.



- планетарные туманности;



- диффузные туманности;



- галактики;

Ⓐ - апекс движения Солнца;



- северный и южный галактические полюса.

Голубоватой полосой изображен Млечный Путь, а жирная синяя линия, проходящая вдоль его, - галактический экватор. На нем проставлены значения галактических долгот от 0 до 360 градусов.

Тонкими синими линиями проведена сетка экваториальных координат. Линии сетки проведены через 1 час по прямому восхождению и через 15 градусов по склонению.

На круге склонений, проходящем через 0 часов, проставлены величины склонений в градусах. Жирная синяя линия, проходящая через 0^ч - небесный экватор. На линии небесного экватора, так же как и на круге равных склонений, проходящем через $d = -45^{\circ}$ (край карты), проставлены величины прямых восхождений в часах и минутах. Цена наименьшего деления равняется 10 минутам.

Эксцентрично к экватору проходит эклиптика - жирная красная линия. На эклиптике отмечены значения эклиптических долгот и даты, указывающие время нахождения Солнца в отмеченных точках.

Границы созвездий отмечены тонкими пунктирными красными линиями, а наиболее яркие звезды в созвездиях объединены тонкими синими линиями в характерные конфигурации созвездий.

Карта отпечатывается на четырех листах². Для того чтобы с картой можно было работать, все четыре сектора карты нужно обрезать по внешней

² Распечатанную карту выдает преподаватель.

границе и наклеить на большой лист плотного картона или фанеры таким образом, чтобы все линии точно продолжили друг друга. Лист картона необходимо точно обрезать по внешней окружности карты.

С картой можно работать уже в таком виде, но в целях более полного использования данного наглядного пособия карту нужно сделать "подвижной". Для этого необходимо самостоятельно изготовить основание для карты и накладной круг.

Основанием карты служит квадратный лист фанеры со стороной, равной диаметру карты. В центре основания укрепляется ось. На этой оси будет вращаться звездная карта. Для того, чтобы центральное отверстие карты не изнашивалось, в него вставляется небольшая металлическая втулка, диаметр отверстия в которой соответствует диаметру оси основания.

Диаметр накладного круга немного меньше диаметра карты. Накладной круг не должен закрывать даты года, проставленные по внешнему краю карты. Для решения некоторых задач в нижней части необходимо сделать небольшой вырез, позволяющий видеть значения прямых восхождений, проставленных у края карты. Длина выреза должна равняться 15-20 градусам дуги окружности, а ширина - высоте цифр, которыми проставлены значения прямых восхождений.

Внешний край накладного круга разбивается по окружности на 24 части, соответствующие 24 часам в сутках. Против каждой отметки проставляется соответствующее ей число. Цифры 0 часов и 12 часов должны находиться на краю круга против точек "севера" и "юга" соответственно. Для более точного решения задач каждый час нужно разбить на более мелкие деления по 5 минут.

На карте проведен ряд еле заметных линий желтого цвета. Это линии математического горизонта для различных географических широт. На всех линиях желтыми кружками небольшого диаметра отмечены те точки линии горизонта, азимуты которых равны 0, 10, 20, ... 350. Около каждой линии горизонта проставлено соответствующее ей значение географической широты места положения наблюдателя.

На лист фанеры, предназначенный для изготовления накладного круга, переносится линия для широты, наиболее близкой к широте данного места. По этой линии делается вырез. По краям выреза проставляются стороны света, а на свободном месте над точкой "севера" приклеивается вырезанная шкала условных обозначений. На линии горизонта против отмеченных точек азимутов проставляются цифры 0, 10, 20, ... 350 градусов, соответствующие значениям их. Полученный накладной круг с помощью выступов для креплений и подкладок закрепляется таким образом, чтобы звездная карта вращалась на своей оси свободно. Готовая карта укрепляется на стене.

ЗАДАНИЯ К РАБОТЕ

1. Изучите условные обозначения, принятые на карте.

2. Познакомьтесь с основными точками и линиями небесной сферы:

а) точка "северный полюс мира" - центр звездной карты. В настоящее время полюс мира лежит вблизи Полярной Звезды - α Малой Медведицы. Угловое расстояние между ними порядка 1 градуса.

б) линия небесного экватора - жирная синяя линия, проходящая через 0 градусов по склонению. Звезды в созвездиях внутри этой окружности находятся на поверхности северной полусферы. Остальная часть звездной карты изображает часть южной полусферы до $d = -45^{\circ}$.

в) линия эклиптики - жирная красная линия, проходящая эксцентрично по отношению к линии небесного экватора.

г) точки весеннего и осеннего равноденствий — точки пересечения линии небесного экватора и линии эклиптики.

д) точки зимнего и летнего солнцестояний - точки пересечения эклиптики с кругами склонений, проходящими через 6 и 18 часов.

ж) точки "севера", "юга", "запада", "востока" - проставлены на накладном круге.

з) небесный меридиан - мысленная прямая, проходящая через точки "север" и "юг" накладного круга. Для более удобной работы с картой небесный меридиан можно обозначить шнурком, натянутым между названными точками.

и) точка "зенита" - примерно находится как центр выреза накладного круга. Более точно "зенит" находится как точка небесного меридиана, имеющая склонение, равное географической широте места положения наблюдателя.

3. С помощью карты можно определять с достаточной точностью видимые величины звезд. Для этого достаточно сравнить изображение звезды со шкалой условных обозначений, которая должна быть наклеена на накладной круг. Например, необходимо отметить и определить видимую звездную величину v Овна. Выбираем в приведенной шкале кружок, равный изображению звезды на карте и находим, что видимая звездная величина v Овна по карте равна $2m.5$, хотя в действительности она равняется $2m.72$. Определите по карте видимую звездную величину пяти ярких звезд созвездия:

- 1) Возничего;
- 2) Кассиопеи;
- 3) Большого Пса;

- 4) Возничего;
- 5) Персея;
- 6) Лебедя.

4. Карта позволяет определять экваториальные координаты звезд. Для того, чтобы определить прямое восхождение звезды (α) необходимо провести прямую линию через интересующую звезду и северный полюс мира до пересечения с линией небесного экватора или с краем звездной карты. На основании нанесенных деления производится отсчет величины прямого восхождения.

Для определения склонения звезды (δ) с помощью линейки или циркуля измеряем расстояние от звезды до линии небесного экватора. Откладываем эту величину на нулевом круге склонений в соответствующем направлении от небесного экватора. Нанесенная градусная шкала дает возможность произвести отсчет величины склонения.

Например, определяя экваториальные координаты Веги (а Лиры), находим, что прямое восхождение Веги $\alpha = 18^h 35^m$, а склонение $\delta = +39^\circ$.

С помощью карты определите названия и принадлежность к созвездиям небесные объекты, координаты которых равны

- 1) $\alpha = 2^h 15^m, \delta = +57^\circ$;
- 2) $\alpha = 17^h 50^m, \delta = -35^\circ$;
- 3) $\alpha = 6^h 30^m, \delta = +5^\circ$;
- 4) $\alpha = 17^h 35^m, \delta = -32^\circ$;
- 5) $\alpha = 5^h 25^m, \delta = +36^\circ$;
- 6) $\alpha = 16^h 40^m, \delta = +37^\circ$.

Лабораторная работа №4

ЛЮБИТЕЛЬСКИЙ ТЕЛЕСКОП

Цель: собрать телескоп-рефрактор

Оборудование: выпукло-вогнутая линза (+1 диоптрия), плосковыпуклая линза силой (+20 диоптрий), лист ватмана А2 или А1, черная тушь, канцелярский клей, несколько листов бумаги формата А4.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Телескопы подразделяют на рефлекторы и рефракторы. В первых в качестве светособирающего элемента используют зеркало. В рефракторах для обирания света используется система линз, называемая объективом. Линза для подобного прибора должна иметь положительную оптическую силу, ее можно приобрести в магазине по продаже очков. Очковое стекло будет служить объективом телескопа. Такой телескоп называется рефрактором от слова "рефракция", т. е. "преломление". В объективе телескопа-рефрактора происходит преломление лучей света, пришедших от объекта наблюдения, в результате чего они собираются в фокальной плоскости, где рассматриваются наблюдателем в окуляр, т. е. в лупу той или иной конструкции. Фокусное расстояние объектива определяют так:

$$F(\text{м}) = 1\text{м} / \text{оптическая сила в диоптриях.}$$

Нужно только учитывать, что слишком длинный телескоп будет неудобен в обращении, а короткофокусный объектив будет давать изображение неудовлетворительного качества. Из этих соображений целесообразно применить очковое стекло фокусом 0,6 - 1,5 м.

Определить фокусное расстояние можно экспериментально. Для этого нужно направить линзу на удаленный источник света (солнце, электрическая лампочка и тому подобное), а за линзой поместить лист белого картона или плотной бумаги (сделать экран) и передвигая экран относительно линзы, добиться резкого изображения (оно будет уменьшенное и перевернутое). Измерить расстояние от линзы до экрана – это и будет искомая величина.

Увеличение телескопа равно фокусному расстоянию объектива, деленному на фокусное расстояние окуляра. Из этого видно, что, применяя разные окуляры, мы можем получать с одним и тем же объективом разные увеличения.

ХОД РАБОТЫ

- Возьмите лист ватмана или картона и отмерьте два куска шириной по диаметру линз объектива и окуляра. Прибавьте несколько сантиметров припуска, для удобства склеивания.
- Вычислите длину каждой заготовки. Суммарная длина обеих трубок должна быть больше фокусных расстояний обеих линз на 5—10 сантиметров. Например: для объектива взята линза +2 (фокусное расстояние 50 сантиметров), а для окуляра +50 (фокусное расстояние 2 сантиметра), тогда общая длина двух трубок должна быть: 57(62) сантиметра.

$$50 + 2 + 5(10) = 57(62)$$

- Вырежьте заготовки, и если бумага не чёрная, то вырезанные части нужно выкрасить с одной (той, что будет внутри трубки) стороны в чёрный цвет. Делается это для того, чтобы попавшие в трубу «посторонние» лучи не мешали наблюдению.
- Аккуратно склейте, накладывая припуск на свёрнутую трубку. Трубка меньшего диаметра должна входить большую с усилием (легким трением), при этом довольно свободно передвигаться, благодаря чему можно будет регулировать чёткость изображения. Если разница диаметров линз, а соответственно и трубок слишком велика, трубку окуляра (ту, что тоньше – верхнюю, в которую смотрят) надо сделать потолще.
- Линзы объектива и окуляра закрепите в торцах труб при помощи двух картонных ободков с бумажными зубчиками для каждой трубки и клея или резиновых колец от велосипедной камеры, кому как удобно.
- Вставьте меньшую трубку с вклеенной линзой в большую трубку.

Внимание! Смотреть через увеличивающий оптический прибор на СОЛНЦЕ – ОЧЕНЬ ОПАСНО!!! Можно получить сильный ожог сетчатки глаза, вплоть до полной слепоты!!!

Лабораторная работа №5

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЧАСЫ

Цель: выполнить макет солнечных часов, изучить понятие «время» и способы его измерения, построить график уравнения времени.

Оборудование: дощечка 20 см х 20 см, листы картона формата А4, транспортир, линейка.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для горизонтальных часов берут одну дощечку размером 20 см х 20 см. На этой доске наносят циферблат часов: у середины одной из сторон доски делается отметка 12 и проводится перпендикуляр к стороне через эту отметку. На перпендикуляре фиксируется точка, находящаяся на расстоянии 15 см от края доски. Полученная точка будет «центром» часов. Остальные деления часов наносят, пользуясь графиком на рис.5. На графике указано расстояние в градусах между часовыми делениями на циферблате. На оси абсцисс графика (горизонтальная линия) указаны широты. Соответственно широте нашего пункта избираются углы, на которые будет отстоять один час от другого. Например, для широты 50° отметки 11 часов и 13 часов должны быть сделаны на расстоянии от отметки 12 в одну и другую сторону через 13° ; на ши-

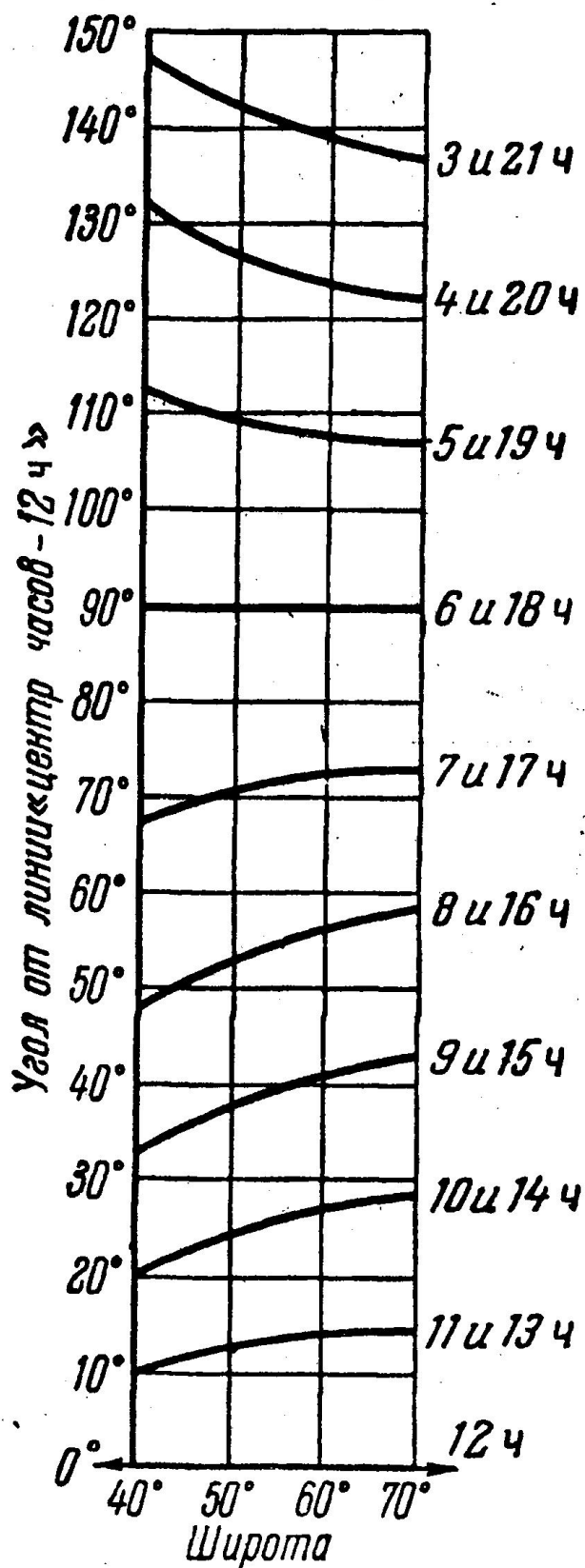


Рисунок 5

График для нанесения делений на горизонтальных солнечных

роте 55° (посередине между 50° и 60°) деления 7 часов и 17 часов — на расстоянии от той же начальной отметки 108° , а 6 и 18 часов — соответственно на 90° . За начало отсчета принимают отметку «12 часов»; общей вершиной центральных углов на циферблате служит «центр» часов. Из картона вырезается указатель в форме прямоугольного треугольника. Прикрепляемый к циферблату катет этого треугольника должен иметь длину около 10 см, а острый угол при нем должен быть равен географической широте того места, где эти часы будут применяться.

Указатель прикрепляется к циферблату так, чтобы: 1) вершина угла, равного широте места, была в «центре» часов; 2) катет шел по направлению к отметке «12 часов»; 3) плоскость указателя была перпендикулярна плоскости циферблата.

Для установки часов надо, чтобы прямая, соединяющая «центр» с отметкой 12, шла вдоль полуденной линии, а плоскость циферблата была горизонтальна.

Горизонтальные (и экваториальные часы) показывают истинное солнечное время, считаемое, от истинной солнечной полуночи.

Для перевода этого времени в то, по которому мы живем, надо сделать небольшие расчеты:

- 1) прибавить (алгебраически, со знаком «плюс» или «минус») уравнение времени на данный день и таким образом получить среднее местное время;
- 2) прибавить или отнять то число минут, на которое местное время, соответствующее долготе данного пункта, отличается от поясного времени, и таким образом получить поясное время³;

Уравнение времени (разность между средним и истинным солнечным временем) приводится в каждом выпуске «Астрономического календаря».

ЗАДАНИЯ К РАБОТЕ

1. Выполните макет горизонтальных солнечных часов.
2. Разность среднего и истинного времени называют уравнением времени. Истинное солнечное время на данном меридиане в любой момент равно часовому углу истинного Солнца, выраженное во времени и измененное на 12 ч. Знак плюс берется, если часовой угол истинного Солнца меньше 12 ч., а знак минус – если больше 12 ч.

$$T_{\odot} = t_{\odot} \pm 12^h.$$

³ см., например, Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе, Физматгиз, 1963

Используя программу Stellarium, заполните таблицу (с шагом в 10 дней)

Дата	01.03.15	10.03.15	20.03.15
Среднее время			
Истинное время			
(уравнение времени)			
Склонение Солнца			

В системе координат *уравнение времени-склонение* постройте график уравнения времени.

3. Определите время до захода солнца с помощью пальцев.

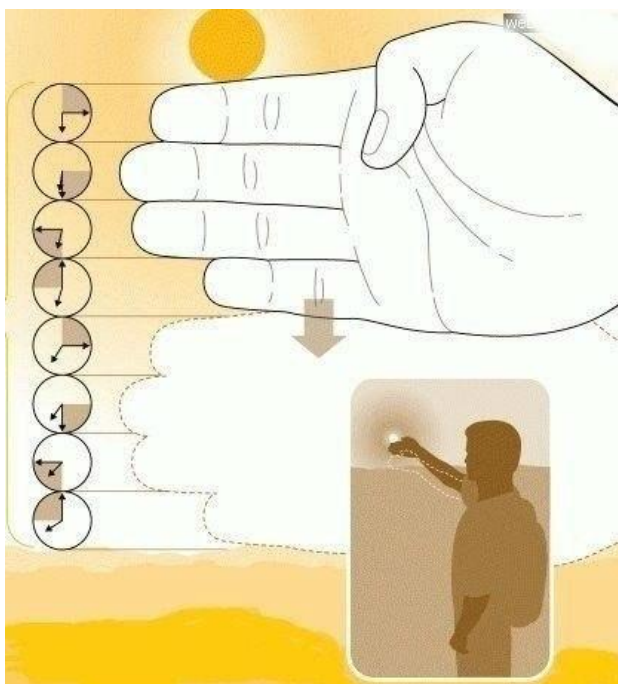


Рисунок 6

Полезно знать, сколько времени осталось до момента, когда солнце скроется за горизонтом и начнёт темнеть. Неважно, находитесь ли вы в походе или просто отдыхаете где-то на природе, желательно заблаговременно подготовиться к ночёвке. К счастью, есть очень простой способ определить время до заката, и для этого вам понадобится только ваша рука.

Всё что необходимо сделать — вытянуть руку так, чтобы солнце как бы лежало на вашем указательном

пальце. Теперь считаем количество пальцев до горизонта. Если у вас более-менее стандартная толщина пальцев, то каждый палец будет равен приблизительно 15 минутам до заката.

ЗАДАЧИ

Наблюдательная астрономия

1. Луна в полнолунии наблюдалась в созвездии Рака. В каком созвездии будет находиться Солнце днем (использовать подвижную карту звездного неба).
2. Известно, что свет идёт от Солнца до Земли около восьми минут. Зная это, пятиклассник Вася объясняет своей младшей сестре: «Смотри, Солнце только что скрылось за горизонтом. На самом же деле это Солнце скрылось за горизонтом уже восемь минут назад!». Верны ли рассуждения мальчика?
3. Какие угловые размеры будет иметь чёрное пятно на Солнце, если его линейные размеры равны диаметру Земли?
4. Предположим, что летом в ясную безлунную ночь вы находитесь в поле за городом. Тогда на небе можно наблюдать великолепную полосу Млечного Пути. Зная, что Солнце находится далеко от центра Галактики, как бы вы могли определить направление на этот центр.
5. В какой фазе: фазе полнолуния или в фазе новолуния Луна перемещается быстрее по орбите вокруг Солнца?
6. Два человека на Земле одновременно наблюдают Луну. Для одного из них Луна находится в зените, а для другого – вблизи горизонта. Одинаковым ли будет угловой диаметр Луны для этих наблюдателей?
7. Где на Земле должен находиться наблюдатель, чтобы восход Солнца (процесс появления диска из-за горизонта) имел для него максимальную продолжительность.
8. Сколько звезд 3-ой звездной величины вместе могут дать такой же блеск, как и Юпитер в противостоянии (-2 m).
9. Вам предложили нарисовать кружок, изображающий видимый диск Луны ($31,1'$), когда вы смотрите на лист бумаги с расстояния 30 см. Каков будет его диаметр?

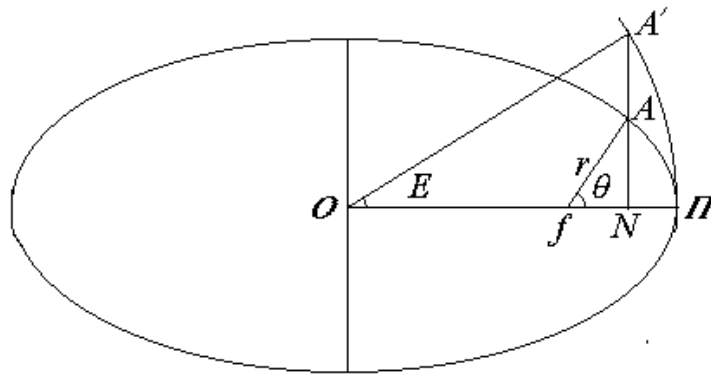
Теоретическая астрономия

1. Какое минимальное количество звезд 4-й величины создают в сумме освещенность, не меньшую освещенности от звезды 1-й величины?
2. Определить скорость падения на Землю метеорита под действием силы притяжения, принимая его скорость равной нулю на бесконечном удалении от нашей планеты. Сопротивлением атмосферы пренебречь. (Масса Земли равна $6 \cdot 10^{24}$ кг, её средний радиус равен 6371 км, гравитационная постоянная $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}$).
3. Во внешнем поясе астероидов объект 1996TL66 имеет $a = 83 \text{ а.е.}$, $e = 0.58$. Во сколько раз в апоцентре на астероиде светлее днём, чем в полнолуние на Земле. (Для наблюдателя на Земле звездные величины Луны (в полнолунии) и Солнца соответственно равны $-12^{\text{m}}, 7$ и $-26^{\text{m}}, 8$).
4. Известно, что Юпитер вращается вокруг своей оси быстрее ($\sim 9^{\text{h}} 50^{\text{m}}$), чем Сатурн ($\sim 10^{\text{h}} 14^{\text{m}}$). Но вот парадокс, собственное сжатие ($\varepsilon = 1 - \frac{b}{a}$, где b и a – малая и большая полуоси планеты) Сатурна (1:10) больше, чем у Юпитера (1:15). Как вы думаете, почему?
5. Известно, что вклад в уравнение времени (уравнение времени – это разность между средним и истинным солнечным временем) дают две синусоиды. Назовите периоды этих синусоид и астрономические факторы, стоящие за ними.
6. При кругосветном путешествии на запад теряются одни солнечные сутки. Теряются ли при этом звёздные сутки?
7. Даны две звезды одинаковой массы. Одна из них вращается, другая - нет. В центре какой звезды давление будет больше?
8. Разность двух звёздных величин астрофизических объектов связана с создаваемыми ими освещённостями формулой $m_1 - m_2 = 2.5 \lg \frac{E_2}{E_1}$. Является ли число 2.5 здесь точным?

9. Известно, что точность определения годичного параллакса у звёзд $\Delta\pi = \pm 0.01''$. Определить радиус сферы, внутри которой ещё можно определять расстояния до звёзд методом тригонометрических параллаксов.
10. С какой скоростью Луна упадет на Землю, если (вдруг!) перестанет вращаться? Гравитационная постоянная $G \approx 6,67 \cdot 10^{-8} \frac{сМ^3}{г \cdot с^2}$, средний радиус Земли $R_{\oplus} \approx 6371 км$, масса Земли $M_{\oplus} \approx 6 \cdot 10^{24} кг$, среднее расстояние Земля-Луна $\approx 60 R_{\oplus}$.

Законы Кеплера и задача двух тел

1. Луна в апогее дальше на $1/9$, чем в перигее. Найти эксцентриситет лунной орбиты.
2. Планета A движется по эллипсу с полуосями $a_1 > a_2$ (рис. 1), в фокусе f которого находится Солнце.



В полярных координатах (r, θ) , полюс которых в f , уравнение этого эллипса

$$r = \frac{a_1(1 - e^2)}{1 + e \cos \theta},$$

где $e = \sqrt{1 - \frac{a_1^2}{a_2^2}}$ – эксцентриситет орбиты. Планета находится на эллипсе в точке A . На рисунке проведена также вспомогательная окружность $A'\Pi$, радиусом a_1 , и точка A' находится на пересечении данной окружности с той

же нормалью к большой оси, что и планета A . Доказать, что между углами истинной аномалии θ и вспомогательным углом эксцентрической аномалии E имеет место соотношение

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \operatorname{tg} \frac{E}{2}.$$

3. Известно, что Земля при движении вокруг Солнца изменяет свою скорость от 29.5 км/сек до 30.5 км/сек. Найти эксцентриситет e земной орбиты.
4. Для кометы известно ее перигелийное расстояние q и скорость в этой точке v_q . Найти расстояние и скорость кометы для точки в афелии.

Движение тел Солнечной системы

1. Докажите, что орбита Луны всегда будет вогнутой по отношению к Солнцу.
2. Известно, что Земля при движении вокруг Солнца изменяет свою скорость от 29.5 км/с до 30.5 км/с. Найти эксцентриситет e земной орбиты.
3. Искусственная планета движется по круговой орбите с радиусом $a = 1.5$ а.е. вокруг Солнца. Найти постоянную среднюю линейную скорость v движения этой планеты вокруг Солнца ($M_{\odot} = 2 \cdot 10^{33}$ г., $G = 6.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{см}^3}{\text{г} \cdot \text{с}^2}$, $1 \text{ а.е.} = 149.6 \cdot 10^6 \text{ км}$).
4. Планета движется вокруг Солнца по круговой орбите с постоянной средней линейной скоростью $v = 40$ км/с. Найти период T обращения планеты вокруг Солнца ($M_{\odot} = 2 \cdot 10^{33}$ г., $G = 6.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{см}^3}{\text{г} \cdot \text{с}^2}$).
5. Из «галилеевских» спутников Юпитера Европа в 1,59 раз находится дальше от Юпитера, чем Ио. Во сколько раз Ио вращается вокруг своей оси быстрее, чем Европа?

6. У какой из планет (Юпитер или Сатурн) дуговые размеры петли с обратным движением на фоне звездного неба будут больше и почему?
7. Где полярный день длиннее: на Северном полюсе Земли или на Южном?
8. В какой фазе: фазе полнолуния или в фазе новолуния Луна перемещается быстрее по орбите вокруг Солнца?

Галактики

1. Перечислите галактики, которые мы можем видеть невооруженным глазом в Северном и Южном полушарии.
2. Некоторая эллиптическая галактика имеет блеск 18^m и красное смещение 0.1. Оцените массу галактики. Межзвездным поглощением пренебречь.

Ответы и решения задач

Наблюдательная астрономия

1. В диаметрально противоположном зодиакальном созвездии (в Козероге).
2. Ошибка мальчика очевидна: закат обусловлен заходом Солнца за видимый горизонт на Земле, радиус которого пренебрежимо мал по сравнению с расстоянием от Земли до Солнца.
3. Диаметр Земли равен 12756 км, расстояние до Солнца 1 а.е.= $1.5 \cdot 10^8$ км, число дуговых секунд в радиане 206265. Угловой диаметр пятна поэтому равен $17''{,}6$. Это в точности равно удвоенному суточному параллаксу Солнца (по определению!).
4. Ясно, что направление на центр нашей Галактики должно совпасть с тем участком Млечного Пути, который выглядит несколько шире, чем другие его участки. Легко убедиться, что это имеет место в направлении на созвездие Стрельца.
5. В новолунии Луна движется навстречу орбитальному движению Земли вокруг Солнца, а в полнолунии скорости Луны и Земли совпадают по направлению. Следовательно, в полнолунии Луна движется быстрее.
6. Очевидно, для человека, наблюдающего Луну в зените, она будет ближе, чем для человека, видящего ее на горизонте. Следовательно, первый будет видеть Луну несколько большей, чем второй.
7. Очевидно, на полюсе.
8. Разница блеска Юпитера и звезды составит $3^m - (-2^m) = 5^m$. Тогда разница блеска составит $2.512^5 \approx 100$. Таким образом, для замены одного Юпитера понадобилось бы 100 звезд.
9. $\frac{30 \text{ см}}{114} \approx 2.7 \text{ мм}$.

Теоретическая астрономия

1. По определению, $\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{-(m_1-m_2)}$. Поскольку $2,512^3 = 15,85$, так что минимальное число звезд равно 16.
2. Для решения воспользуемся законом сохранения механической энергии $E = T + W$, где T - кинетическая энергия метеорита, а W - его потенциальная энергия в гравитационном поле Земли. На бесконечном расстоянии от Земли оба вида энергии для метеорита

равны нулю и, следовательно, $E_1 = 0$. При падении же на Землю

$E_2 = \frac{mv^2}{2} - G \frac{Mm}{R}$, где M и m - соответственно масса Земли и метеорита, v - искомая скорость метеорита. Тогда из равенства

$E_1 = E_2$ находим $v^2 = 2 \frac{GM}{R}$, откуда $v = 11,2$ км/сек. По определению, это вторая космическая скорость для нашей планеты.

3. В начале следует рассчитать звездную величину m_2 Солнца для наблюдателя с астероида, находящегося в апоцентре на расстоянии $83 \cdot 1,58$ а.е. Из известной формулы $m_1 - m_2 = 2,5 \lg \frac{E_2}{E_1}$ с учетом того, что отношение освещенностей обратно квадратам взаимных расстояний, находим $m_2 \approx -16^m,2$. Далее, отношение создаваемых освещенностей на Земле (от Луны) и на астероиде (от Солнца), вычисляется по формуле $\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{-(m_1 - m_2)}$. Подставляя в нее данные задачи, получим $\frac{E_1}{E_2} \approx 2,512^{-3,5} \approx 0,04$. Таким образом, днем на астероиде будет значительно светлее, чем на Земле в полнолуние.

4. Гравитация, определяемая средней плотностью вещества, стремится сделать планету сферической, вращение же приводит к нарушению этой сферичности и к появлению экваториального избытка у планеты и сжатию её с полюсов. Равновесная же форма планеты определяется компромиссом между этими физическими факторами. Поскольку же в данном примере плотность Юпитера ($\sim 1,33$ г/см³) заметно больше, чем у Сатурна ($\sim 0,71$ г/см³), то на первой из планет относительное действие гравитационных сил будет больше, что и приведет к наблюдаемому эффекту.

5. Вклад в уравнение времени дают две синусоиды: с годичным и полугодичным периодами. Синусоида с полугодичным периодом представляет разность времён, вызванную наклоном эклиптики к небесному экватору. Синусоида же с годичным периодом обусловлена неравномерным движением Солнца по эклиптике.

6. Да.

7. Давление и центробежная сила противодействуют гравитации в звезде. Следовательно, давление в центре будет больше у той звезды, которая не вращается.

8. Да, число 2.5 является точным по определению.

9. Легко сообразить, что радиус предельной сферы равен $R = \frac{1}{\Delta\pi}$,

где R в парсеках, а ошибка в определении параллакса $\Delta\pi$ - в секундах дуги. Следовательно, $R=100$ парсек.

10. Из закона сохранения механической энергии (кинетическая плюс потенциальная) следует:

$$v^2 = 2M_{\otimes}G \left(\frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_{3-л}} \right) \approx \frac{2M_{\otimes}G}{R_3} \left(1 - \frac{1}{60} \right),$$

так что

$$v = \sqrt{\frac{59}{30} \frac{M_{\otimes}G}{R_{\otimes}}} \approx 11 \text{ км/с.}$$

Законы Кеплера и задача двух тел

1. Расстояние Луны в перигее $a(1-e)$ примем за x , тогда расстояние в апогее $a(1+e)$ будет равно $10/9x$. Беря отношение этих расстояний, находим, что $e \approx 1/19$.
2. Из рисунка видно, что, пользуясь теоремой Пифагора, можно записать $(ae + r \cos \theta)^2 + a^2 \sin^2 E = a^2$. После несложных преобразований получаем требуемую формулу.
3. Известно, что в перигелии и афелии скорости планеты соответственно равны $v_n = v_{cp} \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$, $v_a = v_{cp} \sqrt{\frac{1-e}{1+e}}$. Следовательно, $\frac{v_n}{v_a} = \frac{1+e}{1-e}$, откуда следует формула $e = \frac{v_n - v_a}{v_n + v_a}$, которая даёт $e = 0.0167$.
4. ---

Движение тел Солнечной системы

1. Скорость движения Луны вокруг Солнца колеблется с синодическим периодом 29,5 ср. солн. сут. Вблизи новолуния Луна движется медленнее и кривизна траектории также должна быть меньше, чем в полнолунии. Очевидно, в полнолунии траектория Луны направлена выпуклостью от Солнца. А вот знак кривизны траектории в новолунии полностью определяется соотношением сил, действующих на Луну от

Солнца и от Земли. Первая сила равна $F_{\odot} = \frac{M_{\odot} G}{R_{\text{Луна-}\odot}^2}$, вторая

$$F_{\oplus} = \frac{M_{\oplus} G}{R_{\text{Луна-}\oplus}^2}, \text{ а их отношение } \frac{F_{\odot}}{F_{\oplus}} = \frac{M_{\odot}}{M_{\oplus}} \left(\frac{R_{\text{Луна-}\oplus}}{R_{\text{Луна-}\odot}} \right)^2 \approx 2,2. \text{ Так как это}$$

отношение больше единицы, кривизна траектории Луны и в фазе новолуния оказывается направленной выпуклостью от Солнца.

2. По второму закону Кеплера, отношение скоростей в перигелии v_n и афелии v_a связано с эксцентриситетом орбиты e формулой

$$\frac{v_n}{v_a} = \frac{r_n}{r_a} = \frac{a_1(1+e)}{a_1(1-e)}, \text{ откуда } e = \frac{v_n - v_a}{v_n + v_a} \approx 0,0167.$$

3. $\frac{Mv^2}{a} = G \frac{MM_{\odot}}{a^2}; v = \sqrt{G \frac{M_{\odot}}{a}} = 24,35 \text{ км / с.}$

4. Равенство центростремительного и гравитационного ускорений дает

$$\frac{v^2}{a} = G \frac{M_{\odot}}{a^2},$$

т.е. $v^2 = G \frac{M_{\odot}}{a} \rightarrow a = \frac{GM_{\odot}}{v^2}.$

С другой стороны, орбитальная скорость равна $v = \frac{2\pi a}{T}.$

Поэтому, $T = \frac{2\pi GM_{\odot}}{v^3} \approx 0,415 \text{ года.}$

5. Как известно, и Европа, и Ио вращаются вокруг Юпитера так, что всегда «смотрят» одной стороной на него (резонанс 1:1). Следовательно, период собственного (осевого) вращения этих спутников совпадает с периодом обращения вокруг главной планеты. Но отношение периодов обращения спутников можно найти из 3-го закона Кеплера

$$\frac{T_{\text{Европы}}^2}{T_{\text{Ио}}^2} = \left(\frac{a_{\text{Европы}}}{a_{\text{Ио}}} \right)^3 = (1,59)^3,$$

откуда

$$\frac{T_{\text{Европы}}}{T_{\text{Ио}}} \approx 2,00$$

Из-за синхронности вращения и отношение периодов собственного вращения спутников будет также равно 2. Т.О. Ио вращается вокруг своей оси в два раза быстрее, чем Европа.

6. Петлеобразное движение планет объясняется сочетанием двух действительных движений – движения планеты и движение Земли по их орбитам вокруг Солнца в направлении с запада на восток. Когда верхняя планета находится около противостояния, то ее скорость и скорость Земли направлены в одну сторону. Но линейная скорость Земли больше линейной скорости верхней планеты, и поэтому с Земли планета будет казаться движущейся в обратную (с востока на запад) сторону. Чем ближе находится внешняя планета находится к Земле, тем меньше указанная разница скоростей и тем больше размер петли. Таким образом, петля Юпитера будет больше, чем петля Сатурна.
7. Вследствие сплюснутости земной орбиты вокруг Солнца, Земля летом движется чуть медленнее, чем зимой. Поэтому промежуток года от 21 марта до 23 сентября (весна-лето, полярная ночь на Южном полюсе) равен 186 суткам, а промежуток от 23 сентября до 21 марта (осень-зима, полярная ночь на Северном полюсе) – 179 суток. Полярная ночь длиннее на Южном полюсе.
8. В новолунии Луна движется навстречу орбитальному движению Земли вокруг Солнца, а в полнолунии скорости Луны и Земли совпадают по направлению. Следовательно, в полнолунии Луна движется быстрее.

Галактики

1. В Северном полушарии мы можем видеть галактику Андромеда (М31, +3,4^m), в Южном полушарии – Большое (БМО, +0,9^m) и Малое (ММО, +2,2^m) Магеллановы Облака.
2. Найдем расстояние до галактики по закону Хаббла:

$$L = \frac{cz}{H} = 420 \text{ Мпк.}$$

Здесь H – постоянная Хаббла, c – скорость света. Величина красного смещения z существенно меньше единицы, и мы можем вычислить абсолютную звездную величину этой галактики по обычной формуле:

$$m_0 = m + 5 - 5 \text{ Lg } L = -20.$$

Светимость этой галактики в 10^{10} раз больше светимости Солнца. Как известно, в эллиптических галактиках практически отсутствуют газ и пыль. Поэтому мы можем считать, что до нас доходит излучение всех звезд этой галактики. Считая среднюю массу звезды равной массе Солнца, а среднюю светимость – светимости Солнца, получаем, что масса всех звезд галактики равна 10^{10} масс Солнца. Но мы должны также учесть, что за счет темной материи масса галактик примерно в 5 раз превосходит массу их видимого вещества (в данном случае – звезд). Поэтому итоговой оценкой массы будет $5 \cdot 10^{10}$ (50 миллиардов) масс Солнца или 10^{41} кг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кононович Э.В., Мороз В.И. *Общей курс астрономии*. М.: Едиториал УРСС. 2004.
2. Воронцов-Вельяминов Б. А. *Сборник задач и практических упражнений по астрономии*. М.: Наука. 1974.
3. Климишин И. А. *Элементарная астрономия*. М.: Наука. 1991.
4. Куликовский П. Г. *Справочник любителя астрономии*. М.: Наука. 1971.
5. Курьшев В. И. *Практикум по астрономии*. М.: Просвещение. 1986.
6. Моше Д. *Астрономия*. Пер. с англ./ Под ред. А.А. Гурштейна. - М.: Просвещение. 1985

Трубицына Наталья Геннадьевна

Лабораторные работы и задачи по астрономии

Учебно-методическое пособие

Подписано в печать Формат

Печать офсетная. Усл. печ. л. Уч.-изд. л.

Тираж 50 экз. Заказ №

Издательство «Удмуртский университет»
426034, Ижевск, Университетская, 1, корп. 2