

**Департамент образования Вологодской области
бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Вологодской области
«ВОЛОГОДСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ»**

**Методические рекомендации
по организации практических работ
по учебной дисциплине «Астрономия»**

Профессии:

15.01.05 «Сварщик (ручной и частично механизированной сварки
(наплавки))»

08.01.14 «Монтажник санитарно-технических, вентиляционных систем и
оборудования»

2017 г.

Рассмотрено и утверждено на заседании предметной цикловой комиссии общеобразовательных дисциплин.

Пособие предназначено для организации практических работ по всем разделам курса «Астрономия» в соответствии ФГОС, может использоваться как преподавателями для проведения учебных занятий, так и студентами для самостоятельной подготовки по дисциплине.

Составитель: Л.П.Неражева, преподаватель

Содержание

Предисловие.....	4
Практические работы.....	5
1 Изучение звездного неба с помощью подвижной карты.....	5
2 План Солнечной системы.....	7
3 Законы Кеплера.....	9
4 Определение расстояний и размеров тел в Солнечной системе.....	10
5 Решение задач на расчет линейных параметров тел Солнечной системы.....	11
6 Сравнительная характеристика планет земной группы.....	12
7 Сравнительная характеристика планет – гигантов.....	14
8 Сравнительная характеристика планет земной группы и планет-гигантов.....	15
9 Определение расстояния до звезд.....	16
10 Дифференцированный зачет по дисциплине.....	17
Список литературы.....	20

Предисловие

Астрономия - одна из древнейших естественных наук - относится к областям человеческих знаний, получившим динамичное развитие в XXI веке, и существенно влияет на формирование и расширение представлений человека о мире и Вселенной.

Изучение учебной дисциплины «Астрономия» направлено на ознакомление с достижениями современной науки и техники, формирование основ знаний о методах, результатах исследований, фундаментальных законах природы небесных тел, и, наряду с другими учебными предметами, способствует формированию естественнонаучной грамотности и развитию познавательных способностей обучающихся.

Среди различных форм и методов обучения особое место занимают практические работы, на которых студенты применяют полученные знания для решения разнообразных астрономических задач: определение координат светил, расчет размеров небесных тел и расстояний до них, составление сравнительных характеристик планет и т.д.

В методических рекомендациях представлены семь практических работ, которые проводятся в соответствии с учебной программы дисциплины «Астрономия». Пособие содержит подробные инструкционные карты, которые задают структуру, содержание и порядок выполнения учебных действий обучающихся.

На выполнение практических работ в учебном плане отводится 20 академических часов.

Практическая работа №1 ИЗУЧЕНИЕ ЗВЕЗДНОГО НЕБА С ПОМОЩЬЮ ПОДВИЖНОЙ КАРТЫ

Цель работы: знакомство со звездным небом, решение задач условия видимости светил, определение их координат.

Оборудование: подвижная карта звездного неба (ПКЗН).

Краткие теоретические сведения

Вид звездного неба вследствие вращения Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца меняется.

Работа осуществляется с подвижной картой звездного неба. Овал наклонного круга вырезан по линии, соответствующей географической широте места наблюдения или близкой к ней. Линия выреза накладного круга будет изображать линию горизонта, а центральная линия от юга к северу покажет направление небесного меридиана. На карте звезды показаны черными точками, размеры которых характеризуют яркость звезд. Северный полюс мира изображен в центре карты. Линии, исходящие от северного полюса мира, показывают расположение кругов склонения.

Точки пересечения эклиптики с экватором, для которых прямое восхождение 0 и 12 ч, называют соответственно точками весеннего и осеннего равноденствий.

По краю звездной карты нанесены месяцы и числа, а на накладном круге – часы. Для определения местоположения небесного светила необходимо месяц, число, указанные на звездной карте, совместить с часом наблюдения на накладном круге.

Порядок выполнения работы

Задание №1. Определение расположения созвездий на небесном своде.

1. Запишите в тетради дату и час занятия.
2. Подготовьте в тетради таблицу:

Таблица 1

Примеры созвездий, которые (находятся)						
вблизи зенита	на юге	на западе	Заходят	на севере	на востоке	Восходят

3. Установите накладной круг на карте для поиска созвездий в день и час занятия, и заполните таблицу 1.
4. Подготовьте в тетради таблицу:

Таблица 2

Дата, время наблюдения	ДЕВА	РАК	ВЕСЫ
15 сентября, 24 часа			

- Установите накладной круг на карте для поиска указанных в таблице созвездий в полночь 15 сентября.
- Определите, будут ли видны в это время данные созвездия, запишите полученный результат в таблицу 2.

Задание №2. Выяснение условий видимости светил

- Подготовьте в тетради таблицу:

Таблица 3

Малая Медведица	Волопас	Возничий	Орион

- Найдите на карте созвездие Малая Медведица (Волопас, Возничий, Орион).
- Поворачивая накладной круг по часовой стрелке, пронаблюдайте, заходит ли данное созвездие за линию горизонта.
- Укажите в таблице 3, является данное созвездие заходящим или незаходящим за горизонт.

Задание №3. Определение экваториальных координат светил

- Подготовьте в тетради таблицу:

Таблица 4

№	Название звезды в созвездии	Собственное имя звезды*	Прямое восхождение, α	Склонение, δ
1				
2				
3				
4				
5				

* - смотри в приложении 1

- На карте звездного неба найдите пять любых из перечисленных созвездий: Кассиопея, Андромеда, Орион, Лебедь, Лира, Большой пес, Северная корона.
- Определите небесные координаты (прямое восхождение и склонение) самых ярких звезд (α) этих созвездий.
- Результаты запишите в таблицу 4.

Задание №4 (дополнительное). Изучение зодиакальных созвездий

- Подготовьте в тетради таблицу:

Таблица 5

Созвездие	Наблюдать сегодня в 21.00.	Лучше всего наблюдать	Собственное имя звезды	Прямое восхождение, α	Склонение, Δ

- Найдите на карте свое зодиакальное созвездие.
- Определите: можно ли его сегодня наблюдать в 21 час; наилучшее время (месяц) для его наблюдения; координаты самой яркой звезды.
- Результаты запишите в таблицу 5.

Контрольные вопросы

- Какие светила являются незаходящими?

2. Какова причина изменения вида звездного неба в течение года и суток?
3. Какая линия на накладном круге изображает горизонт?

Приложение 1

Название звезды в созвездии	Собственное имя звезды	Название звезды в созвездии	Собственное имя звезды
<i>α Б. Медведица</i>	Дубхе	<i>α Лира</i>	Вега
<i>α Орион</i>	Бетельгейзе	<i>α Б. Пес</i>	Сириус
<i>α Лебедь</i>	Денеб	<i>α Северная корона</i>	Гемма
<i>α Рыбы</i>	Альриша	<i>α Лев</i>	Регул
<i>α Телец</i>	Альдебаран	<i>α Дева</i>	Спика
<i>α Близнецы</i>	Кастор	<i>α Скорпион</i>	Антарес

Практическая работа №2 План Солнечной системы.

Цель работы: отобразить в масштабе плана Солнечной системы в соответствии с реальным положением планет на дату проведения работы.

Оборудование: циркуль, школьный астрономический календарь, калькулятор.

Краткие теоретические сведения

Гелиоцентрическая система мира (гелиоцентризм) — представление о том, что Солнце является центральным небесным телом, вокруг которого обращается Земля и другие планеты.

Гелиоцентрической долготой называется угол l между прямой "Солнце- γ " и направлением от Солнца к планете. Величина l отсчитывается против хода часовой стрелки от 0° до 360° .

Порядок выполнения работы

Задание №1. Составление схемы Солнечной системы

1. На отдельном листе в центре расположите Солнце как точечный источник света.
2. Начертите в тетради таблицу:

Таблица 6

№	Название планеты	Расстояние от Солнца до планеты		
		а.е.	км	в масштабе 1:3000000000000, см
1	Меркурий			
2	Венера			
3	Земля			
4	Марс			

3. Заполните таблицу 6, используя приложение IV учебника.
4. Приняв орбиты планет за окружности, начертите их с помощью циркуля по данным таблицы 6 в указанном масштабе.

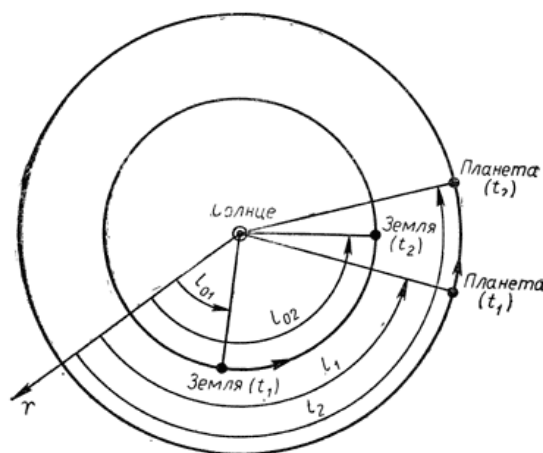
5. Проведите из центра (точки положения Солнца) в произвольном направлении луч, принимая его за направление к точке весеннего равноденствия.
6. Начертите в тетради таблицу:

Таблица 7

№	Название планеты	Гелиоцентрическая долгота
1	2	3
1	Меркурий	
2	Венера	
1	2	3
3	Земля	
4	Марс	

7. Выпишите в таблицу 7 из школьного астрономического календаря гелиоцентрическую долготу планет для января-марта текущего года

8. От луча, указывающего точку весеннего равноденствия (см. рис. 3), на каждой орбите в направлении, противоположном движению часовой стрелки, отложите дуги,



соответствующие гелиоцентрической долготе данной планеты, и отметьте эти положения.

9. Определите вероятность наблюдения планет в день занятий, используя составленный план, при этом учтите следующее. Для того чтобы узнать, где по отношению к Солнцу располагается на небе та или иная планета, ориентируйте нарисованный план так, чтобы линия, соединяющая на плане положение Земли на данные сутки и Солнца, была направлена в момент наблюдения на Солнце. Те планеты, которые согласно положению на плане оказываются слева от направления на Солнце, заходят позже него. Для того чтобы узнать, можно ли будет увидеть планеты, необходимо определить, как далеко от Солнца на небе они находятся. Если на плане угол между направлениями с Земли на Солнце и на планету менее 15° , то скорее всего планету нельзя будет наблюдать. Она либо зайдет прежде, чем стемнеет, либо взойдет уже после того, как станет светло. Если же планета удалена от Солнца более чем на 15° , то ее следует поискать на небе на соответствующем угловом расстоянии от него.

Практическая работа №3. Законы Кеплера.

Цель работы: научиться применять законы Кеплера для решения астрономических задач.

Краткие теоретические сведения

Законы Кеплера - три эмпирических соотношения, интуитивно подобранных Иоганном Кеплером на основе анализа астрономических наблюдений Тихо Браге.

Первый закон Кеплера. Каждая планета Солнечной системы обращается по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце. Форма эллипса и степень его сходства с окружностью характеризуется отношением $e = \frac{c}{a}$, где c — расстояние от центра эллипса до его фокуса, a — большая полуось. Величина e называется эксцентриситетом эллипса.

Второй закон Кеплера. Каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр Солнца, причём за равные промежутки времени радиус-вектор, соединяющий Солнце и планету, описывает равные площади. Применительно к нашей Солнечной системе, с этим законом связаны два понятия: перигелий — ближайшая к Солнцу точка орбиты, и афелий — наиболее удалённая точка орбиты. Таким образом, из второго закона Кеплера следует, что планета движется вокруг Солнца неравномерно, имея в перигелии большую линейную скорость, чем в афелии.

Третий закон Кеплера. Квадраты периодов обращения планет T вокруг Солнца относятся как кубы больших полуосей орбит планет a :

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

Задание №2. Решение задач на применение законов движения планет.

Задача 1. Определите период обращения астероида Белоруссия, если большая полуось его орбиты 2,40 а.е.

Задача 2. Звездный период обращения Юпитера вокруг Солнца 12 лет. Каково среднее расстояние от Юпитера до Солнца?

Задача 3. Период обращения малой планеты Шагал вокруг Солнца 5,6 года. Определите большую полуось ее орбиты.

Задача 4. Большая полуось орбиты астероида Тихов 2,71 а.е. За какое время этот астероид обращается вокруг Солнца?

Задача 5. Какова должна быть наименьшая ширина листа, чтобы на нем можно было уместить орбиты всех восьми планет Солнечной системы?

Практическая работа №4

Определение расстояний и размеров тел в Солнечной системе

Цель работы: познакомиться с методами определения линейных параметров тел Солнечной системы.

Оборудование: учебник, справочные материалы, калькулятор.

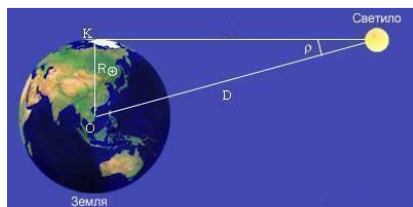
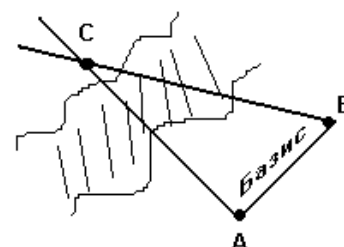
Краткие теоретические сведения

Определение расстояний до небесных тел чрезвычайно важно, так как, только зная расстояния, можно ставить вопрос о природе небесных тел, определять размеры Солнечной системы, Галактики и самой Вселенной.

В пределах Солнечной системы теория Коперника, уточнённая Кеплером, даёт возможность из наблюдений за движением планет определить относительные размеры их орбит, для этого используется третий закон Кеплера

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \Rightarrow a_1 = \sqrt[3]{\frac{T_1^2 \cdot a_2^3}{T_2^2}}$$

Используя тригонометрические формулы, определить расстояние до недоступного предмета можно, измерив угол, который называется *параллаксом* (см. рис.1), между направлениями на предмет из двух точек. Если известно расстояние между точками (базис), то задача сводится к простой геометрической.



Для определения расстояний в Солнечной системе базой служит радиус Земли — величина достаточно хорошо определённая. Угол, под которым он виден с планеты или другого тела, входящего в Солнечную систему, называется горизонтальным параллаксом (см.рис.2).

Согласно формулам, расстояние до светил будет равно

$$D = \frac{R_{\oplus}}{\sin p} \quad D = \frac{20626 \text{ } 5''}{p''} \cdot R_{\oplus}$$

Таким способом, расстояния определяются для тех планет, которые наиболее близко подходят к Земле.

Радиолокационный метод определения расстояния заключается в измерении промежутка времени прохождения радиосигнала от Земли до объекта и обратно и вычислением расстояния по формуле

$$R = \frac{ct}{2}$$

Метод лазерной локации аналогичен радиолокации, однако точность измерения значительно выше, так как в нем используется мощный световой луч с более короткой длиной волны.

Для определения размеров тел Солнечной системы используется метод параллакса, описанный выше, и триангуляции, который заключается в последовательном измерении с помощью угломерных инструментов базисов и дальнейшего расчета линейных размеров по тригонометрическим формулам.

Порядок выполнения работы

Задание №1. Ознакомление с методами определения расстояний и размеров тел Солнечной системы.

1. Повторите основной материал темы.
2. Начертите в тетради таблицу:

Таблица 8

Метод	Суть	Формула	Графическая интерпретация
Методы определения расстояния			
Горизонтального параллакса			
Радиолокации			
Лазерной локации			
Методы определения размеров			
Углового радиуса			
Триангуляции			

3. Используя учебник, дидактические материалы и дополнительные источники, заполните таблицу 8.

Контрольные вопросы

4. Как можно определить расстояние до удаленного недоступного объекта?
5. Какие угломерные инструменты используются в астрономии?

Практическая работа №5.

Решение задач на расчет линейных параметров тел Солнечной системы.

Цель работы: познакомиться с методами определения линейных параметров тел Солнечной системы.

Задача 1. Сигнал, посланный радиолокатором к Венере, возвратился назад через 4 минуты 36 секунд. На каком расстоянии в это время находилась Венера в своем нижнем соединении?

Задача 2. Первое измерение расстояния до Луны с помощью лазерного импульса было осуществлено в 1963 г. учеными из СССР. При этом лазерные

импульсы возвратились через 2,4354567 с. Определите расстояние между отражателем, находящимся на Луне, и телескопом.

Задача 3. На какое расстояние к Земле подлетал астероид Икар, если его горизонтальный параллакс в это время был 18,0"?

Задача 4. При наблюдении прохождения Меркурия по диску Солнца определили, что его угловой радиус 5,5", а горизонтальный параллакс 14,4". Определите линейный радиус Меркурия.

Задача 5. Рассчитайте наименьшее расстояние от Земли до Марса, если наибольший горизонтальный параллакс Марса составляет 23", и сравните его с расстоянием, на котором Марс находился во время Великого противостояния 28 августа 2003 г. (55,8 млн км) и будет находиться в следующее Великое противостояние, которое произойдет 24 июня 2018 г. (57,5 млн км).

Задача 6*(дополнительная). В один из дней Венера оказалась в наибольшей восточной элонгации при наблюдении с Земли и в наибольшей западной элонгации при наблюдении с Марса. Найдите видимый угловой диаметр Марса при наблюдении с Земли в этот день. Орбиты всех планет считать круговыми.

Практическая работа №6

Сравнительная характеристика планет земной группы

Цель работы: познакомиться с планетами земной группы, выделить их сходство и различия.

Оборудование: учебник, школьный астрономический календарь.

Краткие теоретические сведения

Солнечная система — планетная система, включающая в себя центральную звезду — Солнце — и все естественные космические объекты, вращающиеся вокруг Солнца. Большая часть массы объектов Солнечной системы приходится на Солнце; остальная часть содержится в восьми относительно уединённых планетах, имеющих почти круговые орбиты и располагающихся в пределах почти плоского диска — плоскости эклиптики.

По своим физическим характеристикам планеты делятся на две группы – планеты земной группы и планеты-гиганты. Меркурий, Венера, Земля и Марс, относящиеся к планетам земной группы имеют небольшие размеры и массу, имеют твёрдую поверхность, сравнительно высокую плотность, близкую к плотности Земли, и обладают атмосферами (кроме Меркурия). Физические характеристики планет земной группы изучены, главным образом, радарными и технико-космическими средствами.

Порядок выполнения работы

Задание №1. Ознакомление с физическими характеристиками планет земной группы

1. Начертите в тетради таблицу:

Таблица 9

Физические	Меркурий	Венера	Земля	Марс
------------	----------	--------	-------	------

характеристики планет				
Масса М, - кг - в массах Земли				
			1,000	
Радиус - м, - в радиусах Земли				
			1,000	
Плотность, кг/м ³				
Период обращения				
Первая космическая скорость, км/с				
Ускорение свободного падения, м/с ²				
Атмосфера - давление - химический состав				
Температура поверхности, °С				
Число спутников				
Название спутников				

2. Заполните таблицу 9, используя учебник, справочный материал, дополнительные источники. Первую космическую скорость и ускорение свободного падения рассчитайте по формулам:

$$v_1 = \sqrt{G \frac{M}{R}} \quad g = G \frac{M}{R^2},$$

где М - масса планеты, кг; R – радиус планеты, м; G – гравитационная постоянная.

Задание №2. Описание одной из планет земной группы

1. Выберите любую планету Солнечной системы. Актуализируйте все знания о данной планете.
2. Напишите мини-сочинение о впечатлениях, полученных при посадке вашего космического корабля на данную планету.

Контрольные вопросы:

1. Укажите сходства и различия между планетами земной группы.
2. Какие физические характеристики планеты нужно знать, чтобы вычислить ее плотность?
3. Какова причина высокой температуры у поверхности Венеры?

Практическая работа №7

Сравнительная характеристика планет-гигантов

Цель работы: познакомиться с планетами земной группы, выделить их сходство и различия.

Оборудование: учебник, школьный астрономический календарь.

Краткие теоретические сведения

Планеты, движущиеся за кольцом астероидов, образуют группу планет-гигантов, возглавляемую Юпитером – самой крупной и массивной планетой Солнечной системы. К этой группе относятся Сатурн, Уран и Нептун. Они обладают значительными размерами и массами, малой средней плотностью, быстрым вращением, протяженными гелиево-водородными атмосферами с небольшим содержанием аммиака и метана и не имеют твердой поверхности. Вокруг планет обращается большое количество спутников, кроме этого все они имеют кольца. Наиболее исследованы из планет-гигантов Юпитер и Сатурн.

Порядок выполнения работы

Задание №1. Ознакомление с физическими характеристиками планет-гигантов

1. Начертите в тетради таблицу:

Таблица 10

Физические характеристики планет	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
Масса М, - кг - в массах Земли			1,000	
Радиус - м, - в радиусах Земли			1,000	
Плотность, кг/м ³				
Период обращения				
Первая космическая скорость, км/с				
Ускорение свободного падения, м/с ²				
Атмосфера - давление - химический состав				
Температура поверхности, °С				
Число спутников				
Название самых крупных спутников				

3. Заполните таблицу 10, используя учебник, справочный материал, дополнительные источники. Первую космическую скорость и ускорение свободного падения рассчитайте по формулам:

$$v_1 = \sqrt{G \frac{M}{R}} \quad g = G \frac{M}{R^2},$$

где M - масса планеты, кг; R – радиус планеты, м; G – гравитационная постоянная.

Практическая работа №8

Сравнительная характеристика планет земной группы и планет-гигантов.

Цель работы: выделить сходство и различия.

1. Начертите в тетради таблицу:

Таблица 11

Признаки сравнения	Планеты земной группы	Планеты-гиганты
Название планет		
Диапазон значений плотности планет, кг/м ³	от _____ до _____	от _____ до _____
Диапазон значений радиусов (в радиусах Земли)	от _____ до _____	от _____ до _____
Диапазон значений масс (в массах Земли)	от _____ до _____	от _____ до _____
Преобладающие химические элементы и соединения вещества планет		
Агрегатное состояние преобладающего вещества планет		
Преобладающие химические элементы атмосфер планет		
Продолжительность суток	от _____ до _____	от _____ до _____
Продолжительность года	от _____ до _____	от _____ до _____
Общее число спутников		

- Используя учебник, школьный астрономический календарь и записи в тетради, заполните таблицу 11.
- Сформулируйте вывод об особенностях групп планет Солнечной системы, физических основах их различий и сходств.

Контрольные вопросы

- Каковы причины того, что количество спутников планет-гигантов значительно превышает количество спутников у планет земной группы?

Практическая работа №9 **Определение расстояния до звезд**

Цель работы: научиться решать задачи на расчет расстояний до небесных светил по годичному параллаксу

Оборудование: калькулятор, справочные материалы.

Краткие теоретические сведения

Размеры в астрономии настолько велики, что измерять их в километрах просто не имеет смысла. Поэтому было принято решение установить единые единицы измерения в астрономии.

Астрономическая единица – это среднее расстояние от Солнца до орбиты Земли, Этой единицей измерения, в основном, измеряют расстояния в Солнечной системе. Например, расстояние от Солнца до предполагаемого края Солнечной системы равно 230 а.е.

Световым годом называется расстояние, которое свет преодолет за один земной год. Для примера самая ближайшая к Земле звезда находится на расстоянии в 4,25 св. лет.

Парсек – это расстояние, с которого будет виден средний радиус земной орбиты, если он перпендикулярен направлению луча зрения наблюдателя, под углом в одну угловую секунду. Могут использоваться и кратные величины: килопарсек, мегапарсек и т.д.

Порядок выполнения работы

Задание №1. Ознакомление с астрономическими единицами измерения длины

- Повторите понятия астрономической единицы, светового года, парсека.
- Представьте в световых годах:
1 пк, 5 пк, $9 \cdot 10^{13}$ км, 1 а.е., 825060 а.е.
- Представьте в километрах:
3 а.е., 8 пк, 13 св.лет.

Задание №2. Решение задач на определение расстояний до звезд

- Какое предельное расстояние до звезд можно определить методом параллакса, если астрономическая аппаратура позволяет измерять угол до $0,001''$?

2. Почти одновременно в Германии, России и Англии ученые определили годичный параллакс одних и тех же звезд. Определите расстояние до этих звезд в парсеках и световых годах:

Название звезды	Годичный параллакс	Исследователь, годы определения параллакса	Расстояние до звезды	
			пк	св.лет
61 Лебеда	0,296"	Ф. Бессель, 1837-1838		
α Лиры (Вега)	0,123"	В. Струве, 1835-1837		
α Центавра (Толиман)	0,754"	Т. Гендерсон, 1833-1839		

3. Параллакс Солнца 8,80", параллакс звезды 0,44". Во сколько раз эта звезда дальше Солнца?
4. Определить диаметр звезды α Кита (омикрон Кита) в километрах при видимом угловом ее диаметре 0,065" и параллаксе 0,024"?

Контрольный вопрос

Укажите причину применения специальных единиц измерения расстояния в астрономии? В каких случаях они используются?

Практическая работа №10

Дифференцированный зачет по дисциплине

Цель проведения: обобщить изученный материал, проверить уровень усвоения знаний по дисциплине.

Порядок выполнения работы

- I. Получите индивидуальное задание с вопросом зачета.
- II. Составьте план-тезис для ответа по вопросу.
- III. Представьте выполненное задание преподавателю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основной источник:

1. Чаругин В.М. Классическая астрономия [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.М. Чаругин— Электрон. текстовые данные.— М.: Прометей, 2013.— 214 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18578.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Дополнительные источники:

2. Кессельман В.С. Вся астрономия в одной книге (книга для чтения по астрономии) [Электронный ресурс]/ В.С. Кессельман — Электрон. текстовые данные.— Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2017.— 452 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69345.html>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Кунаш, М. А. Астрономия. 11 класс. Методическое пособие к учебнику Б. А. Воронцова-Вельяминова, Е. К. Страута «Астрономия. Базовый уровень. 11 класс» [Электронный ресурс]/ /М. А. Кунаш. — М. : Дрофа, 2018. — 217 с.

4. Пандул И.С. Геодезическая астрономия применительно к решению инженерно-геодезических задач [Электронный ресурс]/ И.С. Пандул— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Политехника, 2016.— 325 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/59490.html>.— ЭБС «IPRbooks»