

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Пермский государственный национальный
исследовательский университет»

Колледж профессионального образования

Авторы-составители: Денисенко А.П.

**Методические рекомендации
для выполнения самостоятельных
работ по дисциплине
АСТРОНОМИЯ**

Специальность:
38.02.07

Пермь, 2022

Составитель:

Денисенко Александр Петрович, преподаватель КПО ПГНИУ

СОДЕРЖАНИЕ

I. Пояснительная записка.	4
Практическое занятие №1 «Измерение углов, дуги расстояний»	6
Практическое занятие №2 «Суточное движение звёздного неба»	9
Практическое занятие №3 «Основы измерения времени»	11
Практическое занятие №4 «Законы движения небесных тел»	13
Практическое занятие №5 «Определение расстояний и размеров тел Солнечной системы»	17
 II. Требования к результатам выполнения самостоятельных работ.	 20
 III. Критерии оценки.	 20

I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания для выполнения самостоятельных работ являются частью основной общеобразовательной программы Колледжа профессионального образования ПГНИУ по специальности 09.02.07 Информационные системы и программирование, в соответствии с требованиями ФГОС СПО третьего поколения.

Методические указания по выполнению самостоятельных работ адресованы студентам всех форм обучения.

Методические указания созданы в помощь для работы на занятиях, подготовке к практическим работам, правильного составления отчетов.

Приступая к выполнению самостоятельной работы, необходимо внимательно почитать цель и задачи занятия, ознакомиться с требованиями к уровню подготовки в соответствии с федеральными государственными стандартами третьего поколения (ФГОС-3), краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме самостоятельной работы, ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

Все задания к самостоятельной работе необходимо выполнять в соответствии с инструкцией, анализировать полученные в ходе занятия результаты по приведенной методике.

Отчет о работе необходимо выполнить по приведенному алгоритму, опираясь на образец.

Наличие положительной оценки по самостоятельным работам необходимо для получения допуска к итоговой аттестации по дисциплине «Астрономия», поэтому в случае отсутствия на занятии по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за самостоятельную работу необходимо найти время для ее выполнения или пересдачи.

Правила выполнения самостоятельных работ

1. Студент должен прийти на занятие подготовленным к выполнению работы.
2. Студент должен представить выполненную работу в письменном виде.
3. Работу следует выполнять в тетрадях.

Оценку по самостоятельной работе студент получает, если:

- студентом работа выполнена в полном объеме;
- студент может пояснить выполнение любого этапа работы;
- работа выполнена в соответствии с требованиями к выполнению работы;

- студент отвечает на контрольные вопросы на удовлетворительнуюоценкуи выше.

Зачет по итогам самостоятельных работ студент получает при условиивыполнениявсехпредусмотренныхпрограммойсамостоятельныхработ послепроверкивыполненных работвтетрадах иотметкипреподавателя.

Внимание!Если в процессе подготовки к работам или при решении задачвозникаютвопросы,разрешитькоторыесамостоятельнонеудается,необходимообратитьсякпреподавателюдляполученияразъясненийилиуказанийвдипроведения дополнительных занятий.

Рекомендуемыеисточники

- Астрономия:учеб.пособиедляСПО/отв.ред.А.В.Коломиец,А.А.Сафонов.- М.: Издательство Юрайт, 2018 - 277 с. : (16) с.цв.вкл.- (Серия:Профессиональноеобразование).
- Астрономия: учебник для проф. образоват. организаций / [Е. В.Алексеева,П.М.Скворцов, Т.С.Фещенко, Л.А.Шестакова], под ред. Т.С. Фещенко. — М.:Издательскийцентр«Академия»,2018.
- ТатарниковА.М.Астрономия.Сборникзадачуупражнений:учебн.Пособиедляобщеобразоват.организаций/-2-еизд.М.:Просвещение,2018 –160с.

Интернет-ресурсы:

1. <https://www.nasa.gov>
2. <http://www.astronet.ru/>

Порядоквыполнениясамостоятельнойработы

1. Ознакомитьсястеоретическимматериаломподаннойработе.
2. Выполнитьпредложенноезадание.
3. Продемонстрироватьпреподавателюрезультатывыполненной работы вписьменномвиде втетради.
4. Ответитьнадополнительныевопросы(еслитребуетпреподаватель).

Практическое занятие №1

«Измерение углов, дуги расстояний»

Учебная цель: Изучить градусную, радианную и часовую меру измерения углов. Понимать физический смысл видимых угловых размеров объектов, научиться вычислять величины угловых или линейных размеров объектов и расстояний до них.

- Студент должен знать меры измерения углов и астрономические единицы измерения расстояний.

- Студент должен уметь решать задачи на определение видимых угловых размеров объектов и расстояний до них.

Краткие теоретические материалы по теме практической работы

1. Измерение плоских углов.

Измерение плоских углов общепринято осуществлять тремя мерами измерений:

1. Градусная мера. Полный угол $\Phi = 360[^\circ]$ градусов
2. Радианная мера. Полный угол $\Phi = 2\pi$ [радиан], где π - число «пи».
3. Часовая (временная) мера. Полный угол $\Phi = 24[h]$ часов

Соответственно связь между этими единицами измерения определяется соотношением $360[^\circ] = 2\pi[\text{рад}] = 24[h]$.

Один градус (1°) это $1/360$ часть полного угла (так сложилось исторически, по договоренности, это ни от куда не следует).

С другой стороны, по определению **радиана**, **1 рад** есть величина центрального угла окружности, который отсекает на окружности дугу l равную радиусу R окружности R , $l = R$. Поскольку длина полной окружности - $L = 2\pi R$ (по определению числа π), то соответственно полный угол равен 2π [рад] = 360 [°] градусов. Откуда следует соотношение градус–радиан **$1^\circ = \pi/180 \text{ рад}$; $1 \text{ рад} = 180^\circ/\pi$** (1.1)

Угол безразмерная величина. Безразмерность плоского угла означает, что единицей его измерения является число **один** (хоть градус, хоть радиан). Однако, плоским углам в разных единицах были присвоены специальные названия: «градус»- исторически; «радиан»- математически, для того, чтобы в каждом конкретном случае облегчить понимание того, какая именно угловая величина имеется в виду.

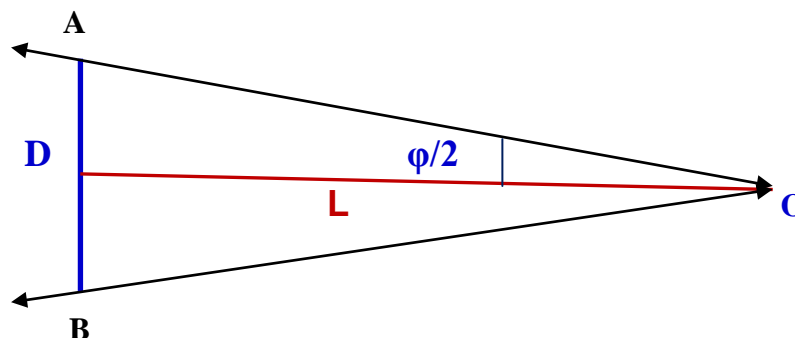
Углы, выраженные в градусной мере, принято делить на доли кратные числу 60.

Угловые минуты $1' = (1/60)^\circ = \pi/10800 \text{ рад}$ и Угловые секунды $1'' = (1/60)' = \pi/648000 \text{ рад}$

2. Угловой размер объекта. Расстояние до объекта.

Видимый угловой размер объекта ϕ – есть угол, образованный лучами от двух крайних (габаритных) точек объекта и точкой наблюдения (глазом наблюдателя).

Рис1.



На рис.1 Точка О – точка наблюдения. Отрезок $D = AB$ — наблюдаемый объект, отрезок L — линия наблюдения, перпендикулярная отрезку D и равная расстоянию до объекта. Угол φ — угловой размер объекта D .

Очевидно, что L является средним перпендикуляром к D , а треугольники $\triangle AOD = \triangle BOD$ прямоугольные.

Тогда согласно тригонометрическим соотношениям получаем $D/2 =$

$L * \operatorname{tg}(\varphi/2)$. Принимая во внимание, что в астрономических наблюдениях как правило $L \gg D$, отсюда следует, что $\operatorname{tg}(\varphi/2) \approx \varphi/2$, имеем окончательно:

$$D = L * \varphi, \quad \text{где } \varphi - \text{угол выраженный в радианах.} \quad (1.2)$$

Примеры выполнения самостоятельной работы.

Решение задач.

Пример №1. Луна имеет радиус 1737 км. Расстояние от Земли до Луны $3,844 * 10^8$ м. Найти угловую величину Луны при наблюдениях с Земли. Ответ выразить в градусной мере.

Решение:

1. Приводим размер расстояния к единой единице длины, например, к километрам. Тогда $L = 3,844 * 10^8 \text{ м} = 3,844 * 10^5 \text{ км}$.

2. Находим решение в общем виде. Пользуясь формулой (1.2) имеем, $\varphi = D/L$, где D — линейный диаметр объекта, L — расстояние до объекта.

3. Находим диаметр Луны. $D = 2r = 2 * 1737 \text{ км} = 3474 \text{ км}$

4. Подставляем численные значения величин в общую формулу и производим вычисления. $\varphi = 3474 \text{ км} / 3,844 * 10^5 \text{ км} \approx 903,74... * 10^{-5}$. Приводим число в стандартный вид и округляем до двух значащих цифр. Имеем, $\varphi \approx 9,0 * 10^{-3}$ радиан.

5. Выражаем ответ в градусной мере. Пользуясь формулой (1) имеем, $\varphi \approx 9,0 * 10^{-3} * 180^\circ / \pi \approx 9,0 * 10^{-3} * 57,3^\circ \approx 0,516^\circ$. Выражать градусные углы в десятичных дробях не принято, поэтому переводим значение в угловые минуты, пользуясь определением $1^\circ = 60'$. Получаем $\varphi \approx 0,516^\circ * 60' \approx 30,96'$. Округляя до двух значащих цифр (до целых минут), получаем $\varphi \approx 31'$.

6. Записываем окончательный ответ в виде: **Ответ: $\varphi \approx 31'$**

Пример №2. Угловой размер Сириуса $0,006''$. Расстояние от Земли до Сириуса 8,7 св.год. Вычислить: А). Радиус Сириуса в километрах. Б) Относительную погрешность полученного результата если за точное значение принять радиус Сириуса равным 1,7 радиусов Солнца (R_\odot).

Решение:

А) 1. Находим решение в общем виде. Пользуясь формулой (1.2) имеем, $D = L * \varphi$, где D — диаметр объекта, L — расстояние до объекта. Тогда, если R_c — радиус Сириуса и соответственно диаметр $D_c = 2 * R_c$, то получаем общее решение $R_c = L * \varphi / 2$.

Очевидно, чтобы выразить R_c в километрах, L должно быть также в км, а угол φ в радианах.

2. Выражаем расстояние до Сириуса в километрах. По определению $1 \text{ св. год} = 9460.730.472.580.800$

(точно). Такая точность нам не нужна, поэтому обойдёмся приближённым значением трёх знаков $1 \text{ св. год} = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м} = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ км}$.

Тогда $L = 8,7 \cdot 9,46 \cdot 10^{12} \text{ км} \approx 82,3 \cdot 10^{12} \text{ км} \approx 8,23 \cdot 10^{13} \text{ км}$

3. Выражаем угловой размер Сириуса в радианах. Пользуемся формулой $1'' = \pi/648000 \text{ рад}$. Тогда, по условию задачи, имеем, $\varphi = 0,006'' = 0,006 \cdot \pi/648000 \text{ рад}$

$\approx 6 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 / (6,48 \cdot 10^5) \approx 2,907 \dots \cdot 10^{-8} \text{ рад}$.

Округляя до трёхзначных цифр, имеем $\varphi \approx 2,91 \cdot 10^{-8} \text{ рад}$.

4. Подставляем численные значения величин в общую формулу и производим вычисления. $R_c = L \cdot \varphi / 2 \approx 8,23 \cdot 10^{13} \text{ км} \cdot 2,91 \cdot 10^{-8} / 2 \approx 11,974 \dots \cdot 10^5 \text{ км}$. Приводим число в стандартный вид и округляем до трёхзначных цифр. Получаем $R_c \approx 1,20 \cdot 10^6 \text{ км}$.

5. Записываем окончательный ответ на вопрос А): Ответ: $R_c \approx 1,20 \cdot 10^6 \text{ км}$

Б) 1. Находим табличное значение радиуса и диаметра Солнца. Справочное значение радиуса Солнца $R_\odot = 695,5 \cdot 10^3 \text{ км}$.

2. Находим табличное значение радиуса Сириуса $^T R_c = 1,7 \cdot R_\odot$. Или $^T R_c = 1,7 \cdot 695,5 \cdot 10^3 \text{ км} = 1182,35 \cdot 10^3 \text{ км}$. Приводим в стандартный вид и округляем (в соответствии со значащими цифрами в расчётном радиусе Сириуса) с точностью до трёх цифр. Получаем $^T R_c = 1,18 \cdot 10^6 \text{ км}$.

3. Находим абсолютную погрешность h . По определению $h \equiv |^T R_c - R_c|$. Подставляем значения, $h \equiv |1,18 \cdot 10^6 \text{ км} - 1,20 \cdot 10^6 \text{ км}| = 0,02 \cdot 10^6 \text{ км}$.

4. Находим относительную погрешность r . По определению $r \equiv h/R_c \cdot 100\%$. Тогда $r = 0,02 \cdot 10^6 \text{ км} / 1,20 \cdot 10^6 \text{ км} \cdot 100\% = 1,6(6) \%$. Округляем до двух цифр, имеем: $r \approx 1,7 \%$.

5. Записываем окончательный ответ на вопрос Б): Ответ: $r \approx 1,7\%$

Практическое занятие №2

«Суточное движение звёздного неба»

Учебная цель: Сформировать понятие о звёздном небе и его суточном движении. Дать понятие Небесной сферы и ее основных элементов. Понимать физический смысл суточного вращения Небесной сферы, координатных систем. Понимать связь координат небесных светил и географической широты места наблюдения. Научиться решать координатные задачи.

- Студент должен знать основные понятия и элементы небесной сферы - Ось мира, Полюсы мира, горизонт, Небесный экватор, горизонтальная $[h, A]$ и экваториальная $[\delta, \alpha]$ системы координат, изменение горизонтальных координат, кульминации светил. Формулы, связывающие координаты светила и географическую широту места наблюдения.

- Студент должен уметь решать задачи на определение различных координат светила и широты места наблюдения.

Краткие теоретические материалы по теме практической работы

1. Основные понятия

Небесная сфера (НС) –

воображаемая сфера неопределённого радиуса с центром в точке наблюдения (О) на которую проецируются видимые изображения небесных тел (светил). **Ось мира $P(OM)$** – воображаемая ось, относительно которой происходит видимое суточное движение (вращение) НС.

Полюсы мира ($P_N; P_S$) –

точки пересечения НС и ОМ, вокруг которых происходит видимое суточное вращение НС.

P_N – северный полюс мира; **P_S** – южный полюс мира.

Вертикаль Z – линия действия силы тяжести Земли в точке наблюдения.

Горизонт – плоскость перпендикулярная вертикали проходящая через точку наблюдения. **Линия горизонта** –

большой круг НС, образованный пересечением НС и плоскостью горизонта.

Зенит z_1 – точка пересечения вертикали и НС, расположенная над горизонтом.

Надир z_2 – точка пересечения вертикали и НС, расположенная под горизонтом.

Небесный меридиан (НМ) –

большой круг НС, образованный пересечением НС и плоскости проходящей через точки **P_N, z_1, O, z_2, P_S** .

Небесный экватор (НЭ) –

большой круг НС, образованный пересечением НС и плоскости перпендикулярной ОМ проходящей через точку наблюдения.

Кульминации светила (ВК, НК) – явления прохождения светила через Небесный меридиан.

ВК – точка наивысшей высоты подъёма светила над горизонтом в течении суток. **НК** – точка наивысшей высоты подъёма светила над горизонтом в течении суток.

Горизонтальная система координат (ГСК) – $[h, A]$,

где $h[-90^\circ; 90^\circ]$ – высота подъёма светила над горизонтом, $A[0^\circ; 360^\circ]$ – азимут светила.

Экваториальная система координат (ЭСК) – $[\delta, \alpha]$,

где $\delta[-90^\circ; 90^\circ]$ – склонение светила, т.е. высота подъёма над НЭ; $\alpha[0^\circ; 24^\circ]$ – прямое восхождение светила.

Эклиптика – большой круг НС, образованный пересечением НС и плоскости обращения Земли вокруг Солнца (или плоскости видимого годичного движения Солнца по Небесной сфере).

2. Основные соотношения

2.1 Связь высоты полюса мира над горизонтом h_p и географической широты места наблюдения φ . $\varphi = h_p$

2.2 Зенитное расстояние z – угловое расстояние между точками нахождения светила и зенита. $h + z = 90^\circ$

2.3 Связь максимальной высоты подъема светила над горизонтом h (момент ВК), географической широты места наблюдения φ , и склонения светила δ :

- для ВК к югу от зенита $\varphi = \delta + z = \delta + (90^\circ - h)$
- для ВК к северу от зенита $\varphi = \delta - z = \delta - (90^\circ - h)$

2.4 Условие верхней кульминации (ВК) светила:

- к югу от зенита $\varphi > \delta$
- к северу от зенита $\varphi < \delta$
- в точке зенита $\varphi = \delta$

Примеры выполнения самостоятельной работы.

Решение задач.

Пример №1. Звезда Денеб в момент ВК видна на высоте $77^\circ 10'$. На каких широтах может располагаться данная точка наблюдения?

Решение:

1. В справочнике находим координаты склонения Денеба $\delta = +45^\circ 10'$.
2. Мы не знаем где происходит ВК, к югу от зенита или к северу, поэтому будем использовать обе формулы.
3. ВК к Югу от Z. $\varphi = \delta + z = \delta + (90^\circ - h) = 45^\circ 10' + 90^\circ - 77^\circ 10' = 58^\circ 00'$. ВК к северу от Z. $\varphi = \delta - z = \delta - (90^\circ - h) = 45^\circ 10' - 90^\circ + 77^\circ 10' = 32^\circ 20'$.
4. Получаем две возможные широты наблюдения Денеба с такой высотой в момент ВК $\varphi_1 = 58^\circ 00'$, $\varphi_2 = 32^\circ 20'$. φ_1 – широта Перми, φ_2 – широта юга Средиземноморья.
5. Записываем окончательный ответ на вопрос **Ответ: $\varphi_1 = 58^\circ 00'$, $\varphi_2 = 32^\circ 20'$**

Пример №2. Какую высоту подъема над горизонтом имеет звезда Вега в г. Пермь в момент ВК? Широта Перми $58^\circ 00'$ с.ш.

Решение:

1. Находим в справочнике склонение Веги $\delta = +38^\circ 47'$.
2. Проверяем условие верхней кульминации... к Югу или Северу от зенита. $\varphi > \delta$, значит Вега имеет ВК к югу от зенита.
3. Тогда воспользуемся формулой $\varphi = \delta + z = \delta + (90^\circ - h)$. Откуда находим h – высоту подъема над горизонтом. $h = \delta + 90^\circ - \varphi$.
4. Подставляем численные значения, имеем $h = 38^\circ 47' + 90^\circ - 58^\circ 00' = 70^\circ 47'$.
5. Записываем окончательный ответ на вопрос. **Ответ: $h = 70^\circ 47'$**

Практическое занятие №3 «Основы измерения времени»

Учебная цель: Дать понятие «времени». Сформировать представление о краткосрочной (текущее время) и долгосрочной (летоисчисление) системе исчисления времени.

- Студент должен знать:

- определение T_0 - мирового времени, различать T_λ - истинное (астрономическое) время, T_n - поясное время, T_m - местное время и связь между ними.
- понятие Тропического года и солнечных календарей, основанных на его базе.
- Студент должен уметь решать задачи на определение времени в точках с различной географической долготой.

Краткие теоретические материалы по теме практической работы

1. Основные понятия

Время в точке наблюдения зависит от земного меридиана, на котором происходит наблюдение.

Истинный полдень – момент времени, в который центр солнечного диска кульминирует в ВК.

Истинная полночь - момент времени, в который центр солнечного диска кульминирует в НК.

T_λ – истинное время в точке наблюдения, т.е. на данном земном меридиане.

T_0 – время на Гринвичском меридиане, принято за точку отсчёта мирового времени.

T_n – поясное время. Время в часовом поясе с номером n .

T_m – местное время. Время,

принятое в отдельных странах местными декретами. В каждой стране своё.

2. Основные соотношения

$T_\lambda = T_0 + \lambda^c$, где λ – географическая долгота места наблюдения, выраженная в часовой мере.

$T_n = T_0 + n$, где n – номер часового пояса. $n = [-12^c; 12^c]$.

Местное время в России $T_m = T_n + 1^c$.

Примеры выполнения самостоятельной работы.

Решение задач.

Пример №1. В Пермичасы показывают $14^c 45^m$. Найти истинное время в Перми. Найти истинное и местное время на данный момент в г. Владивосток.

Решение:

1. В справочнике находим географическую долготу Перми и Владивостока.

$\lambda_{\text{в}} = 131^\circ 54'$, $\lambda_{\text{п}} = 56^\circ 15'$. Там же находим часовые пояса городов $n_{\text{п}} = 4$, $n_{\text{в}} = 9$.

2. Переводим

градусную меру географической долготы городов в часовую. Земля делает полный оборот 360° за 24^c . Отсюда 1° оборота $= 4^m$, $1' = 4^s$.

Значит: $\lambda_{\text{п}} = 56^\circ * 4^m + 15' * 4^s = 224^m + 60^s = 3^c 44^m + 1^m = 3^c 45^m$.

$\lambda_{\text{в}} = 131^\circ * 4^m + 54' * 4^s = 524^m + 216^s = 8^c 44^m + 3^m + 36^s \approx 8^c 48^m$.

3. Находим всемирное время, соответствующее Пермскому $14^{\text{ч}}45^{\text{м}}$. Часовой пояс Перми $n=4$.

$$T_{\text{м}} = T_{\text{n}} + 1^{\text{ч}} = T_0 + n + 1^{\text{ч}} = 14^{\text{ч}}45^{\text{м}}. \rightarrow T_0 = T_{\text{м}} - n - 1^{\text{ч}} = 14^{\text{ч}}45^{\text{м}} - 4^{\text{ч}} - 1^{\text{ч}} = 9^{\text{ч}}45^{\text{м}}.$$

4. Находим истинное время в Перми.

$$T_{\lambda} = T_0 + \lambda^{\text{ч}} = 9^{\text{ч}}45^{\text{м}} + 3^{\text{ч}}45^{\text{м}} = 13^{\text{ч}}30^{\text{м}}.$$

5. Находим истинное местное время во Владивостоке.

$$T_{\lambda} = T_0 + \lambda_{\text{в}}^{\text{ч}} = 9^{\text{ч}}45^{\text{м}} + 8^{\text{ч}}48^{\text{м}} = 18^{\text{ч}}33^{\text{м}}.$$

$$T_{\text{м}} = T_{\text{n}} + 1^{\text{ч}} = T_0 + n + 1^{\text{ч}} = 9^{\text{ч}}45^{\text{м}} + 9^{\text{ч}} + 1^{\text{ч}} = 19^{\text{ч}}45^{\text{м}}$$

Пример №2. Самолёт вылетел рейсом из Перми в Москву в $7^{\text{ч}}50^{\text{м}}$ местного времени и был в полёте $1^{\text{ч}}50^{\text{м}}$. Найти местное время прибытия самолёта.

Решение:

1. В справочнике находим часовые пояса городов $n_{\text{п}} = 4, n_{\text{м}} = 2$.
2. Введём обозначения: $T_{\text{п1}}$ – время вылета в аэропорт г. Перми. $T_{\text{м1}}$ – время в момент вылета в аэропорт г. Москвы. $T_{\text{м2}}$ – время прилёта в аэропорт г. Москвы.
3. Определяем московское время вылета самолёта:

$$T_{\text{м1}} = T_{\text{n}} + 1^{\text{ч}} = T_0 + n_{\text{м}} + 1^{\text{ч}} = T_0 + 3^{\text{ч}}$$
4. Находим T_0 в момент вылета. Поскольку $T_{\text{п1}} = T_0 + n_{\text{п}} + 1^{\text{ч}}$, то $T_0 = T_{\text{п1}} - n_{\text{п}} - 1^{\text{ч}}$

$$T_0 = 7^{\text{ч}}50^{\text{м}} - 4 - 1^{\text{ч}} = 2^{\text{ч}}50^{\text{м}}$$
5. Находим московское время прилёта из условия $T_{\text{м2}} - T_{\text{м1}} = 1^{\text{ч}}50^{\text{м}}$. Тогда $T_{\text{м2}} = T_{\text{м1}} + 1^{\text{ч}}50^{\text{м}} = T_0 + 3^{\text{ч}} + 1^{\text{ч}}50^{\text{м}} = 2^{\text{ч}}50^{\text{м}} + 3^{\text{ч}} + 1^{\text{ч}}50^{\text{м}} = 7^{\text{ч}}40^{\text{м}}$
6. Записываем окончательный ответ на вопрос

Ответ: Московское время прибытия самолёта $7^{\text{ч}}40^{\text{м}}$.

Практическое занятие №4

«Законы движения небесных тел»

Учебная цель: Дать понятие о законах движения планет (три закона Кеплера). Сформировать представление об обобщенном законе всемирного тяготения Ньютона.

Студент должен знать:

- конфигурации планет, различать сидерические и синодические периоды обращения планет.
- формулировки законов Кеплера и закона всемирного тяготения Ньютона. Студент должен уметь применять законы Кеплера и Ньютона при решении задач.

Краткие теоретические материалы по теме практической работы

1. Конфигурации планет

Конфигурации планет называются характерные взаимные расположения планет относительно Солнца и Земли.

Планеты относительно Земли делятся на **нижние** и **верхние**. Нижние планеты – Меркурий и Венера – орбиты которых располагаются внутри орбиты Земли. Верхние планеты – все остальные. Их орбиты находятся вне орбиты Земли, т.е. содержат внутри себя орбиту Земли.

Различают разные типы конфигураций для верхних и нижних планет:

1. Для нижних планет:

-

Соединения (верхнее и нижнее). Когда планета, Земля и Солнце располагаются на одной прямой.



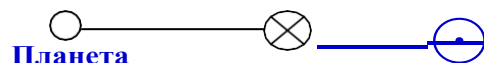
- **Элонгации** (западная и восточная). Когда планета имеет максимальное угловое удаление от Солнца при наблюдении с Земли.

2. Для верхних планет:

-

Соединение. Когда планета, Земля и Солнце располагаются на одной прямой, а планета находится за Солнцем.

- **Противостояние**. Когда планета, Земля и Солнце располагаются на одной прямой, а планета и Земля находятся по одну сторону от Солнца.



- **Квадратуры** (восточная и западная). Когда с Земли направление на Солнце и на планету составляет 90° .

2. Периоды обращения планет

Различают два типа периодов обращения планет – Сидерический и Синодический. **Сидерический период (T)** –

это промежуток времени за который планета совершает полный оборот вокруг Солнца по своей орбите (относительно звезд).

Синодический период(S)–

это промежуток времени между двумя одинаковыми конфигурациями планеты, т.е. одинаковыми расположениями планеты на своей орбите относительно Земли Солнца.

Соотношения между $S_{пл}$ – планеты, $T_{пл}$ – планеты, T – Земли называются **уравнениями синодического движения**.

Для верхних планет $(S_{пл})^{-1} = (T)^{-1} - (T_{пл})^{-1}$ (4.1)

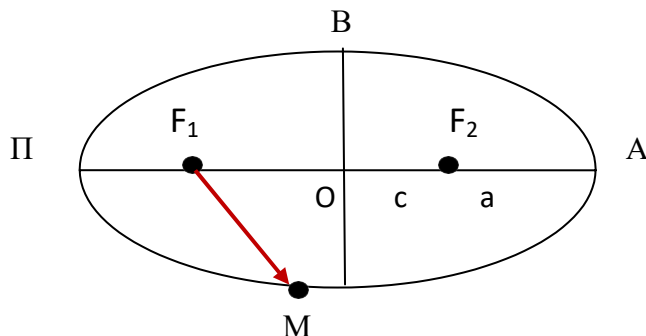
нижних планет $(S_{пл})^{-1} = (T_{пл})^{-1} - (T)^{-1}$ (4.2)

3. Законы Кеплера

1-закон. Движение планет вокруг Солнца происходит по эллиптическим орбитам. Т.е. орбита каждой планеты есть эллипс с одним из фокусов (F) которого находится Солнце. Соответственно есть точки max. и min. удаления планеты от Солнца.

Перигелий – ближайшая к Солнцу точка орбиты планеты.

Афелий – наиболее удалённая точка орбиты планеты.



Точка O – центр эллипса. Точка M – планета на орбите.

Точки F_1, F_2 – фокусы эллипса. В точке F_1 находится Солнце.

Отрезок F_1M – радиус-вектор планеты. Текущее расстояние между планетой и Солнцем. Точка P – перигелий, A – афелий планеты.

Отрезок OA – большая полуось эллипса. Это есть среднее расстояние от планеты до Солнца. $b = OB$ – малая полуось эллипса. $c = F_1O$ – расстояние от центра до фокуса эллипса.

Степень отклонения эллипса от окружности определяет **эксцентриситет эллипса** $e = c/a$.

При $e = 0$ (фокусы совпадают с центром), $e = 0$ из эллипса становится окружность.

2-закон. Радиус-

вектор планеты в равные промежутки времени описывает равные площади.

3-закон. Квадраты сидерических периодов обращения двух планет относятся как кубы больших полуосей их орбит.

$$(T_1)^2 / (T_2)^2 = (a_1)^3 / (a_2)^3 \quad (4.3)$$

4. Закон всемирного тяготения. Обобщение Ньютоном законов Кеплера.

Ньютоном обобщил законы Кеплера на основе универсального закона всемирного тяготения.

Закон всемирного тяготения –

все тела притягиваются друг к другу силой пропорциональной произведению масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними. $|F| = G \cdot (m_1 \cdot m_2) / r^2$.

Тогда законы Кеплера могут быть представлены в виде законов Небесной механики (НМ):

1-закон НМ. Орбиты движения тел относительно друг друга могут быть окружностями, эллипсами, параболами и гиперболоми в зависимости от скорости движения тел.

2-закон НМ. Обобщения не потребовали, остался в неизменном виде.

3-закон НМ. Квадраты сидерических периодов (T_1 , T_2) обращения двух планет с массами m_1 , m_2 вокруг Солнца, помноженные на суммы масс Солнца и планеты, относятся как кубы больших полуосей (a_1 , a_2) их орбит.

$$[(T_1)^2(M_{\odot} + m_1)] / [(T_2)^2(M_{\odot} + m_2)] = (a_1)^3 / (a_2)^3 \quad (4.4)$$

Обобщённые Ньютоном законы Кеплера получили название законов Небесной механики. Из 3-го закона НМ вытекают важные следствия.

Следствие 1. 3-закон может быть применён и для описания движения системы Звезда – Планета – Спутник планеты. Т.е. спутник обращается вокруг планеты, а планета со спутником вокруг звезды. Тогда уравнение движения такой системы согласно 3-го закона НМ может быть записано в виде: $(T_1/T_{\text{сп}})^2(M_{\odot} + m_1)/(m_1 + m_{\text{сп}}) = (a_1/a_{\text{сп}})^3$.

Где m_1 – масса планеты, T_1 – сидерический период обращения планеты вокруг Солнца, $m_{\text{сп}}$ – масса спутника, $T_{\text{сп}}$ – сидерический период обращения спутника вокруг планеты.

Учитывая, что обычно $M_{\odot} \gg m_1$, а также $m_1 \gg m_{\text{сп}}$, имеем:

$$(T_1)^2 M_{\odot} / (T_{\text{сп}})^2 m_1 = (a_1)^3 / (a_{\text{сп}})^3 \rightarrow M_{\odot} / m_1 = (T_{\text{сп}} / T_1)^2 (a_1 / a_{\text{сп}})^3 \quad (4.5)$$

Следствие 2. 3-закон может быть применён для описания движения двух независимых систем Планета 1 – Спутник планеты 1; Планета 2 – Спутник планеты 2. В том числе и для движения искусственных спутников. Уравнение движения такой системы записывается в виде:

$$(T_{\text{сп1}} / T_{\text{сп2}})^2 (m_1 / m_2) = (a_{\text{сп1}} / a_{\text{сп2}})^3 \quad (4.6)$$

Уравнения (4.4), (4.5), (4.6) позволяют находить массы планет, их спутников, а также различный диаметр тел Солнечной системы.

Примеры выполнения самостоятельной работы.

Решение задач.

Пример №1. Нижние соединения Венеры повторяются через 1,6 лет. Засколько земных суток Венера делает оборот вокруг Солнца?

Решение:

1. По условию дан синодический период нижних соединений Венеры. $S_{\text{в}} = 1,6$ земных лет. Нужно найти сидерический период обращения Венеры $T_{\text{в}} = ?$ в земных сутках.

2. Решаем задачу в общем виде. Обозначим T – сидерический период Земли. Венера относится к нижним планетам, следовательно по формуле 4.2 $(S_{\text{в}})^{-1} = (T_{\text{в}})^{-1} - (T)^{-1}$. В результате $(T_{\text{в}})^{-1} = (S_{\text{в}})^{-1} + (T)^{-1}$.

3. Подставляем численные значения. $S_{\text{в}} = 1,6$ год; $T = 1$ год. Имеем:
 $(T_{\text{в}})^{-1} = (S_{\text{в}})^{-1} + (T)^{-1} = 1/1,6 + 1/1 = 2,6/1,6 \rightarrow T_{\text{в}} = 1,6/2,6 \approx 0,61$ год

4. Переводим полученное значение в сутки, считая сидерический период Земли за один юлианский год $T = 365,25$ суток. $T_{\text{в}} \approx 0,61 * 365,25 = 222,8$ сут.

5. Ответ: $T_{\text{в}} \approx 222,8$ земных суток.

Пример №2. Юпитер обращается вокруг Солнца за 12 земных лет. Найти среднее расстояние от него до Солнца.

Решение:

1. Согласно 3-го закона Кеплера $(T_1)^2 / (T_2)^2 = (a_1)^3 / (a_2)^3$.
2. По условию $T_{\text{Ю}} = 12$ лет, $T_{\text{Земли}} = 1$ год, $a_{\text{Земли}} = 1$ а.е. (это важно).
3. Решаем задачу в общем виде. Имеем: $(T_{\text{Ю}})^2 / (1)^2 = (a_{\text{Ю}})^3 / (1)^3$, тогда $T_{\text{Ю}}^2 = a_{\text{Ю}}^3$.
 $(T_{\text{Ю}})^2 = ((12)^2) = (144) = (a_{\text{Ю}})^3$ лет $\approx 5,24$ а.е.
5. **Ответ:** $a_{\text{Ю}} \approx 5,24$ а.е.

Пример №3. Сравнить массу Урана с массой Земли, если известно, что спутник Урана Титания обращается вокруг планеты с периодом 8 сут 17 ч (земных) на расстоянии $438 \cdot 10^3$ км.

Решение:

1. Согласно 3-го закона НМ (4.6),
 $m_3 / m_{\text{ур}} = (T_1 / T_{\text{л}})^2 \cdot (a_{\text{л}} / a_1)^3$, где m_3 – масса Земли, $m_{\text{ур}}$ – масса Урана. $T_{\text{л}}$ – период обращения спутника Земли – Луны, $a_{\text{л}}$ – среднее расстояние Земля-Луна. T_1 – период обращения спутника Урана, a_1 – среднее расстояние Уран-Титания.
Уточняем исходные данные. $T_{\text{л}} = 27,32$ сут. (в справочнике), $T_1 \approx 8,71$ сут. (дано по условию), $a_{\text{л}} = 384 \cdot 10^3$ км (в справочнике), $a_1 = 438 \cdot 10^3$ км (по условию).
2. Подставляем в формулу численные значения
 $m_3 / m_{\text{ур}} = (8,71 / 27,32)^2 \cdot (384 \cdot 10^3 / 438 \cdot 10^3)^3 \approx 0,319^2 \cdot 0,877^3 \approx 0,102 \cdot 0,674 \approx 0,069$
или $m_{\text{ур}} / m_3 \approx 14,5$
3. **Ответ:** $m_{\text{ур}} / m_3 \approx 14,5$. Масса Урана больше массы Земли $\approx 14,5$ раза

Практическое занятие №5

«Определение расстояний и размеров тел Солнечной системы»

Учебная цель: изучить понятие параллакса. Научиться определять расстояния до светил по известным величинам их параллаксов. Понимать геометрический смысл эффекта параллакса.

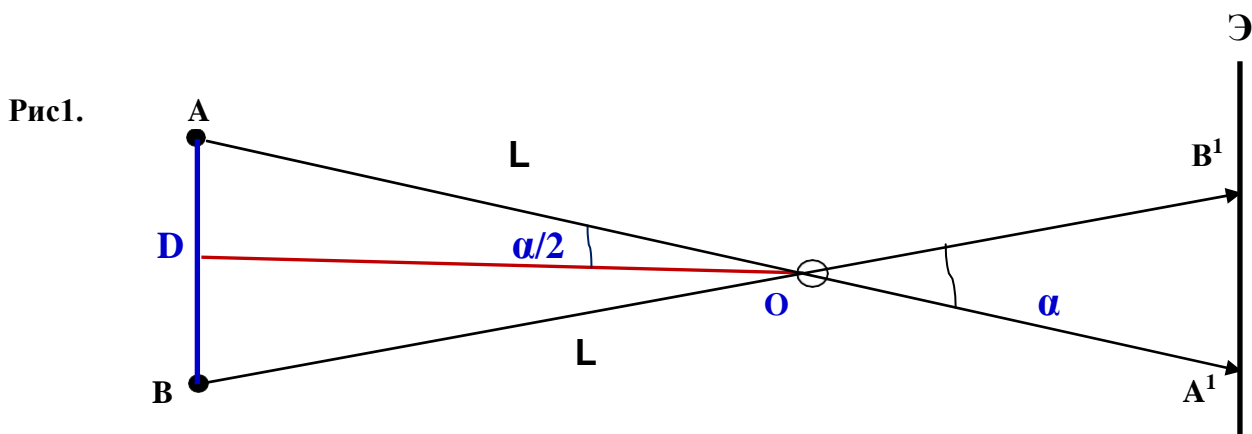
- Студент должен знать определения горизонтального и годичного параллакса светил. Отличать видимые угловые размеры объектов от их параллаксов. Знать определение и физический смысл астрономической единицы измерения расстояний 1 парсек.
- Студент должен уметь решать задачи на определение расстояний по параллаксу светил.

Краткие теоретические материалы по теме практической работы

1. Эффект параллакса.

Параллакс – явление (эффект) видимого углового смещения объекта относительно удалённого фона при изменении точки наблюдения за объектом (т.е. в зависимости от положения наблюдателя). См. Рис. 1

Т.е. Параллакс – это угол видимого смещения объекта при изменении точки наблюдения.



Где, О – объект наблюдения. А, В – точки наблюдения.

Отрезки $AO = BO = L$ – расстояние до объекта из точек наблюдения. Отрезок $AB = D$ – базис наблюдения. AA', BB' – лучи зрения на объект О. Э – плоскость более удалённого, чем наблюдаемый объект фона (экрана). Точки A', B' – точки проекций объекта О на удалённый фон Э.

α – угол видимого смещения объекта О, он же – угол параллактического смещения или тригонометрический параллакс объекта О.

Соответственно, из геометрии понятно, что $(D/2)/L = \sin(\alpha/2) \Rightarrow$

$$L = D / \{2 * \sin(\alpha/2)\} \quad (5.1)$$

При $L \gg D \Rightarrow \sin(\alpha/2) \approx \alpha/2$

и получаем простую формулу для определения расстояний L до отдалённых объектов намного превышающих базис наблюдения.

$$L = D / \alpha \quad (5.2)$$

В астрономии различают два специальных вида тригонометрических параллаксов – суточный и годовой. Оба служат для определения расстояний до объектов, но имеют разные параллактические базы.

2. Суточный параллакс.

Суточный параллакс (геоцентрический параллакс) — угол между направлениями на одно и то же светило из центра масс Земли (геоцентрическое направление) и из данной точки на поверхности Земли (топоцентрическое направление).

Этот угол зависит от высоты светила над горизонтом, максимальное его значение достигается при нулевой высоте (когда светило наблюдается прямо на горизонте). Такая величина называется горизонтальным параллаксом. База горизонтального параллакса принимается равной экваториальному радиусу Земли $R = 6378 \text{ км}$.

Горизонтальный параллакс используется для определения расстояний внутри Солнечной системы. Обозначается латинской буквой p .

Очевидно, что поскольку расстояния от Земли до объектов Солнечной системы много больше радиуса Земли $L \gg R$, то справедлива формула (5.2).

$$L = R/p \quad \text{где } p \text{ — угол, выраженный в радианах.} \quad (5.3)$$

3. Годичный параллакс.

Годичный параллакс или **Годичный звёздный параллакс** — угол между направлениями на объект (например, звезду), при наблюдении из разных точек земной орбиты при движении Земли вокруг Солнца.

База годичного параллакса принимается равной большой полуоси (среднему радиусу) земной орбиты, т.е. 1 а.е.

Годичный параллакс звезды равен углу (α), под которым с данной звезды перпендикулярно лучу зрения видна большая полуось земной орбиты.

$$\alpha = 1 \text{ а.е.} / L \quad \text{или} \quad L = 1 \text{ а.е.} / \alpha$$

Годичные параллаксы используются для определения расстояний до звёзд. На базе понятия годичного параллакса астрономы ввели внесистемную единицу измерения расстояний — **1 парсек**.

1 парсек (пк) — это расстояние до объекта, годичный параллакс которого равен одной угловой секунде $1''$. Или, другими словами, 1 ПК — это расстояние, с которого 1 а.е. видна под углом $1''$ перпендикулярно лучу зрения.

$$\text{Учитывая, что } 1'' = 2\pi \cdot \frac{1}{360 \cdot 60} \cdot \frac{1}{60} \text{ рад}$$

$$1 \text{ парсек} \approx 206\,264,8 \dots \text{ а.е.} \approx 3,0856775 \dots \cdot 10^{16} \text{ м} \approx 3,26156 \dots \text{ св. года.}$$

С другой стороны,

$$1 \text{ ПК} = 1 \text{ а.е.} / 1'' \quad \text{или} \quad L(\text{ПК}) = 1 \text{ а.е.} / \alpha'' \quad (5.4)$$

Т.е. зная годичный параллакс звезды в угловых секундах, можно сразу вычислить расстояние в парсеках.

Примеры выполнения самостоятельной работы.

Решение задач.

Пример №1. Горизонтальный параллакс Солнца (угол, под которым со среднего расстояния до Солнца виден экваториальный радиус Земли 6378 км) $8,8''$. Вычислить расстояние от Земли до Солнца в км. Пользуясь табличным значением $(149,6 \cdot 10^6 \text{ км})$ найти относительную погрешность полученного результата.

Решение:

1. Выразим горизонтальный параллакс Солнца в радианах. Воспользуемся формулой (1.1) $1'' = \pi / 648000 \text{ рад}$. Тогда, $p(\text{рад}) = 8,8'' \cdot \pi / 648000 \approx 8,8 \cdot 4,8457 \cdot 10^{-6}$.

2. Далее, воспользуемся формулой (5.3). Тогда $L \approx 6378 \text{ км} / (8,8 \cdot 4,8457 \cdot 10^{-6}) \approx 1,3162 \cdot 10^9 \text{ км} / 8,8 \approx 149,57 \cdot 10^6 \text{ км}$.

Записываем ответ на вопрос задачи в виде **Ответ: $L_{\odot} \approx 149,57 \cdot 10^6 \text{ км}$**

3. Находим абсолютную погрешность h . По определению $h \equiv |L_c - L|$. Подставляем значения, $h \equiv |149,60 \cdot 10^6 \text{ км} - 149,57 \cdot 10^6 \text{ км}| = 0,03 \cdot 10^6 \text{ км}$.

4. Находим относительную погрешность r . По определению $r \equiv h / L_c \cdot 100\%$. Тогда $r = 0,03 \cdot 10^6 \text{ км} / 149,57 \cdot 10^6 \text{ км} \cdot 100\% = 0,020 \dots \%$. Округляем до сотых, имеем: $r \approx 0,02 \%$. Записываем ответ на вопрос задачи **Ответ: $r \approx 0,02 \%$**

Пример №2. Найти горизонтальный параллакс Луны. Среднее расстояние до Земли принять равным $384,4 \cdot 10^3 \text{ км}$. Ответ выразить в градусной мере.

Решение:

1. Находим решение в общем виде. Пользуясь формулой (5.3) имеем, $p = R/L$, где R – радиус Земли, L – расстояние Луна-Земля.

2. Подставляем численные значения величин в общую формулу и производим вычисления. $p = 6378 \text{ км} / 3,844 \cdot 10^5 \text{ км} \approx 1659,2 \dots \cdot 10^{-5}$. Приводим число в стандартный вид и округляем до четырёх значащих цифр. Имеем, $p \approx 1,66 \cdot 10^{-2}$ радиан.

3. Выражаем ответ в градусной мере. Пользуясь формулой (1.1) имеем, $p \approx 1,66 \cdot 10^{-2} \cdot 180^\circ / \pi \approx 1,66 \cdot 10^{-2} \cdot 57,3^\circ \approx 0,951^\circ$. Выражать градусные углы в десятичных дробях не принято, поэтому переводим значение в угловые минуты, пользуясь определением $1^\circ = 60'$. Получаем $p \approx 0,951^\circ \cdot 60' \approx 57,06'$. Округляя до двух значащих цифр (до целых минут), получаем $p \approx 57'$.

4. Записываем окончательный ответ в виде **Ответ: $p \approx 57'$**

II. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Требования к результатам выполнения самостоятельных работ основываются на требованиях к результатам обучения по дисциплине «Астрономия», которые направлены на развитие определенных компетенций, знаний и умений согласно п. 4 Рабочей программы.

III. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Оценка результатов выполнения самостоятельных работ осуществляется с опорой на требования к результатам обучения по дисциплине «Астрономия», на основании достигнутого учащимся в данной работе уровня освоения учебного материала согласно п. 5 Рабочей программы.

Методическое издание

«Астрономия»:

методические рекомендации для самостоятельной работы по

изучению дисциплины

для студентов Колледжа профессионального образования

ПГНИУ специальности 09.02.06 Сетевое и системное администрирование.

Составитель: Денисенко

Олександр Петрович