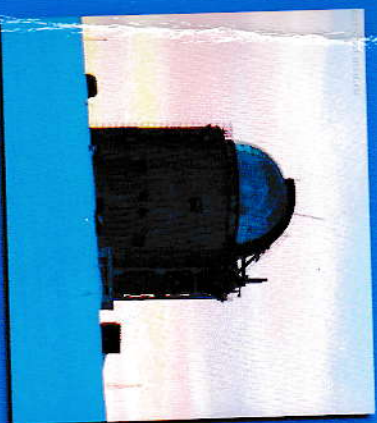




Орлова Т. А.

«КУРС АСТРОНОМИИ 1,2»

(задачи и вопросы по общей астрономии)



Книга должна быть
возвращена не позже
указанного здесь срока

Количество предыдущих
выдач _____

--	--

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И
ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ЧИРЧИКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Орлова Т. А.

КУРС АСТРОНОМИИ 1, 2 (ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ ПО
ОБЩЕЙ АСТРОНОМИИ)

Учебное пособие предназначено для студентов педагогических
вузов бакалавриата
физико – астрономического направления
(«60110700 – Физика и астрономия»)

ТАШКЕНТ – 2023

УДК-520

КБК-22.6

О-60

Орлова Т.А. / Курс Астрономии 1,2 (Задачи и вопросы по общей астрономии) Учебное пособие. - Ташкент: «Yangi chirchiq prints», 2023. - 96

АННОТАЦИЯ

В данном учебном пособии приведены: теории по 15 темам практических занятий, примеры решения задач, задачи для самостоятельного решения, а также в приложении приведены некоторые таблицы физических постоянных, которые можно использовать при решении астрономических задач.

Данное пособие может быть полезным для студентов высших педагогических учебных заведений, а также преподавателей астрономии.

ANNOTACIA

Ushbu o'quv qo'llanmada: amaliy mashg'ulotlarning 15 ta mavzusi bo'yicha nazariyalar, masalani yechish misollari, mustaqil yechish uchun topshiriqlar, shuningdek, ilovada astronomik masalalarni yechishda qo'llanilishi mumkin bo'lgan fizik konstantalar jadvallari keltirilgan.

Ushbu qo'llanma oliy pedagogika o'quv yurtlari talabalari hamda astronomiya fani o'qituvchilari uchun foydali bo'lishi mumkin.

ABSTRACT

This tutorial contains: theories on 15 topics of practical classes, examples of problem solving, tasks for independent solution, and also in the appendix there are some tables of physical constants that can be used in solving astronomical problems.

This manual can be useful for students of higher pedagogical educational institutions, as well as teachers of astronomy.

Рецензенты: д.ф.п.н.,(PhD) доц. А.М.Тиллабоев
к.ф.-м.н., Ю.Ч.Муслимова

Редактор: д.п.н., проф. Б.С.Абдуллаева

Согласно приказу Министерства высшего образования, науки и инноваций № 391 от 25 августа 2023 года издание разрешено в качестве учебного пособия.

ISBN 978-9910-751-53-0

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA'LIM,
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI
AXBOROT RESURS MARKAZI

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебным планом бакалавриата по образовательному направлению «60110700 – Физика и астрономия» в педагогических вузах, предусмотрено проведение практических занятий, для студентов по дисциплине «Курс астрономии» в дополнение к лекционным и лабораторным занятиям.

Президентом нашей страны Ш. М. Мирзиёевым 8 октября 2019 года, был подписан указ «об утверждении Концепции развития системы высшего образования Республики Узбекистан до 2030 года», которым определена и внедрена в учебный процесс кредитно – модульная система.

Предлагаемое учебное пособие написано, на основе проведенных в течении нескольких лет автором занятий в педагогических вузах, для использования в аудиторных практических занятий и для самостоятельного образования студентов, обучающихся по кредитно – модульной системе по дисциплине «Курс астрономии». Чтобы закрепить и применить на практике знания, полученные студентами по «Курсу астрономии», рекомендуется решать вопросы и задачи из данного пособия. В пособии приведены теоретические сведения и формулы, необходимые для решения задач и вопросов, приводятся также образцы решения задач по астрономии.

В приложении данного пособия, приводятся таблицы справочного характера, которыми могут пользоваться студенты, при решении самостоятельных астрономических задач.

Автор надеется, что разработанные в пособии задачи, разработанные на основе современных данных, будут полезны и интересны студентам и преподавателям педагогических вузов.

Тема № 1: Решение задач на тему: Небесная сфера, её основные точки, линии и круги. Нахождение координат небесного тела.

Сферическая поверхность с произвольным радиусом, в центре которой находится наблюдатель, называется **небесной сферой**.

Земля имеет сравнительно небольшие размеры, по сравнению с расстояниями до далёких звезд, наблюдателей расположенных в разных местах земной поверхности, можно считать, что они находятся в **середине модели небесной сферы**. Точка небесной сферы, которая остается неподвижной при суточном движении звезд, условно называется **северным полюсом мира**. Точка противоположная небесной сфере называется **южным полюсом мира**. отвесная линия проходящая через наблюдателя, пересекает небо над головой в точке **зенита** и в противоположной точке, называемой **надиром**.

Осью мира называют ось видимого вращения небесной сферы, соединяющую оба полюса мира и проходящую через наблюдателя. На горизонте под северным полюсом мира лежит **точка севера**, противоположная ей точка - **точка юга**. Точки востока и запада лежат на линии горизонта и отстоят от точек севера и юга на 90° .

Основные точки это: севера и юга, надир и зенит, полюсы мира, через которые проходит плоскость небесного меридиана (рис. № 1).



Рис. №.1 Модель небесной сферы

Большой круг на небесной сфере, плоскость которого перпендикулярна отвесной линии называется **математическим горизонтом**.

Точка N математического горизонта называется **точкой севера**, точка S - **точкой юга**. Полуденной линией обозначается линия NS.

Большой круг называется **небесным экватором**, перпендикулярный оси мира. Небесный экватор пересекается с математическим горизонтом в двух **точках востока E и запада W** (рис. № 2).

Небесным меридианом обозначается большой круг небесной сферы, проходящий через зенит Z, надир Z', полюс мира P, южный полюс мира P'.

Эклиптика представляет собой видимый годичный путь движения Солнца по двенадцати зодиакальным созвездиям. Перемещение Солнца по эклиптике вызывается годовым движением Земли вокруг Солнца. Центр солнечного диска пересекает небесный экватор два раза в год - в марте и в сентябре. Эклиптика пересекается с небесным экватором в двух **точках: точками весеннего и осеннего равноденствия**. Осеннее равноденствие - 21 сентября, весеннее равноденствие - 21 марта.

Точка летнего солнцестояния - находится на границе созвездий Тельца и Близнецов. В ней Солнце имеет максимальное склонение $\delta = 23^\circ 26'$ (22 июня). **Точка зимнего солнцестояния** - находится в созвездии Стрельца. В ней Солнце имеет минимальное склонение $\delta = -23^\circ 26'$ (22 декабря). Дни солнцестояния, как и дни равноденствия, могут меняться. Связано это с тем, что в году не 365 суток, а немного больше.



Рис. № 2. Модель небесной сферы с основными линиями и точками

В астрономии система небесных координат используется для описания положения светил на небе или точек на воображаемой небесной сфере. Координаты светил или точек задаются двумя угловыми величинами (или дугами), однозначно определяющими положение объектов на небесной сфере. Таким образом, система небесных координат является сферической системой координат.

Системы небесных координат отличаются друг от друга выбором основной плоскости и началом отсчёта. В зависимости от стоящей задачи, может быть более удобным использовать ту или иную систему. Например: горизонтальная и экваториальная системы координат.

Высота h , зенитное расстояние z , азимут A и часовой угол t светил постоянно изменяются из-за вращения небесной сферы, так как отсчитываются от точек, не связанных с этим вращением.

Прямое восхождение α , склонение δ и полярное расстояние p небесных объектов при вращении небесной сферы не изменяются, но они могут меняться из-за движений звёзд и планет, не связанных с суточным вращением.

Горизонтальная, экваториальная и эклиптическая системы небесных координат небесной сферы

Местоположение небесных объектов на небе, или какой-либо точки на небесной сфере, относительно принятой основной плоскости и точки начала отсчёта определяется **небесными координатами**, а точнее двумя угловыми величинами α и δ , как было описано выше, соответственно восхождение и склонение.

Для решения любых задач астрономии пользуются разными системами небесных координат. Системы эти отличаются друг от друга выбором основной плоскости и началом отсчёта.

Горизонтальная система. Основной плоскостью в этой системе является плоскость математического горизонта NHE (рис. № 3).

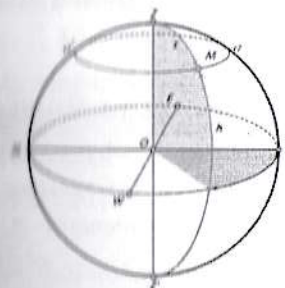


Рис. № 3. Горизонтальная система координат и небесная сфера

Одной координатой является или **зенитное расстояние z** , или **высота светила над горизонтом h** .

Дуга вертикального круга mM , от математического горизонта до светила, называется высотой h светила M или углом mOM между плоскостью математического горизонта и направлением на звезду, обозначаемое M .

Высоты определяются в пределах от 0 до -90° к надиру и от 0 до $+90^\circ$ к зениту.

Дуга вертикального круга ZM от зенита до светила M называется зенитным расстоянием z светила M или угол ZOM между отвесной линией и направлением на звезду M .

Зенитные расстояния определяются в пределах от 0° до 180° в направлении от зенита к надире. Небесные объекты находящиеся в видимой части небесной сферы, имеют $z \leq 90^\circ$, а невидимой части $z > 90^\circ$.

Для зенитного расстояния и высоты одного и того же небесного объекта используем формулу:

$$z + h = 90^\circ (1)$$

Положение вертикального круга на небесной сфере определяется другой координатой, которая обозначена, как азимут A .

Азимуты можно отсчитывать в сторону суточного вращения небесной сферы, т. е. к западу от точки юга S , в пределах градусной меры от 0 до 360° . Также азимуты можно отсчитывать от 0 до $+180^\circ$ к западу (западные азимуты) и от 0 до -180° к востоку (восточные азимуты) соответственно.

Азимуты отсчитываются от точки севера N от 0 до 360° в сторону востока. **Геодезическими** называются азимуты, они отличаются от **астрономических** азимутов, отсчитываемых от точки юга. Геодезический азимут A' и астрономический A связаны формулой:

$$A' = A + 180^\circ (2)$$

Небесные объекты, находящиеся на одном круге небесной сферы, имеют одинаковые азимуты.

Первая экваториальная система координат. Основной плоскостью в этой системе является плоскость небесного экватора QQ' , а началом отсчета - точка небесного экватора Q (рис. № 4).

Первой координатой будет **склонение** небесного объекта δ . Другой же координатой, определяющей положение часового круга небесного объекта, является прямое восхождение α .

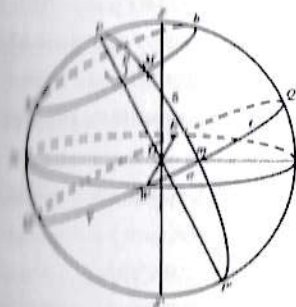


Рис. № 4. Экваториальные системы координат и небесная сфера

Склонением δ звезды M называется дуга круга склонения PM от небесного экватора до небесного объекта или угол POM между плоскостью небесного экватора и направлением на небесный объект.

В пределах от 0° до $+90^\circ$ к северному полюсу мира склонения отсчитываются (когда небесный объект находится в северном полушарии небесной сферы) и от 0 до -90° к южному полюсу мира (небесный объект находится в южном полушарии сферы).

Небесные объекты, находящиеся в северном полушарии небесной сферы, имеют:

$$p < 90^\circ, \text{ а в южном полушарии } p > 90^\circ.$$

Для полярного расстояния и склонения одного и того же небесного объекта получаем уравнение:

$$p + \delta = 90^\circ (3)$$

Небесные объекты, находящиеся на одной суточной параллели, имеют одинаковые склонения δ и одинаковые полярные расстояния p .

Склонение определяет положение небесных объектов на круге склонения. Положение же круга склонения на небесной сфере определяется координатой - часовым углом t .

Часовые углы можно определить в сторону суточного вращения небесной сферы, т. е. к западу от верхней точки Q

небесного экватора, в пределах от 0 до 360° (в градусной мере) и от 0 до 24^h (в часовой мере). Часто часовые углы определяются от 0 до 180° (от 0 до $+12^h$) к западу (западные часовые углы) и от 0 до -180° (от 0 до -12^h) к востоку (восточные часовые углы) соответственно.

Небесные объекты, находящиеся на одном круге склонения, имеют такие же часовые углы.

Вторая экваториальная система координат
Основной плоскостью в этой системе является также плоскость небесного экватора, а одной координатой - склонение δ (или полярное расстояние p).

Дуга небесного экватора Υm (рис. № 4) от точки весеннего равноденствия Υ до круга склонения, называется прямой восхождения α звезды M проходящего через небесный объект или двугранный угол ΥOm (в плоскости небесного экватора) между направлением на точку весеннего равноденствия плоскостью круга склонения небесного объекта.

Одинаковые прямые восхождения имеют небесные объекты, находящиеся на одном круге склонения.

Координатные изменения. Координаты горизонтальные (z , h , A) и часовой угол небесного объекта t , в небесной сфере будут изменяться из-за суточного вращения небесной сферы, так как они измеряются от неподвижных точек, которые не участвуют в этом вращении.

Координаты экваториальные небесных тел (прямое восхождение α и склонение δ) из-за суточного вращения небесной сферы не изменятся, потому что они будут отсчитываться от точек небесного экватора, которые сами участвуют в вращении суточном, и, положение небесных объектов относительно этих точек не изменится. Горизонтальная система координат может применяться для определения направления на небесный объект относительно земных предметов или с помощью угломерных инструментов, когда телескоп собран на специальной установке

Вторая экваториальная система имеет большое значение в астрометрии. В системе составляются списки (каталоги) положений небесных светил, и карты звёздного неба. В основе **эклиптической системы** небесных координат лежат эклиптика и точка весеннего равноденствия. Одной из координат в этой системе является эклиптическая широта β звезды M , т. е. дуга mM круга широты (рис. № 5) от эклиптики до небесного объекта.

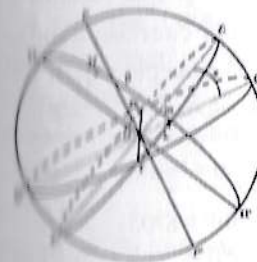


Рис. № 5. Система координат эклиптическая

Эклиптические широты могут измеряться в пределах от 0 до 180° к северному полюсу эклиптики (P) и от 0 до -90° к ее южному полюсу (P'). Небесные объекты, находящиеся на одном параллельном круге, плоскость которого параллельна плоскости эклиптики, могут иметь одинаковые эклиптические широты.

Эклиптическая широта обозначает положение небесных объектов на круге широты. Положение круга широты на небесной сфере определяется координатой - долготой эклиптической λ . Эклиптической долготой λ звезды M называется дуга Υm эклиптики от точки весеннего равноденствия Υ до круга широты, проходящего через небесный объект. Долготы эклиптические могут вычисляться в сторону видимого годового движения Солнца, то есть по эклиптике, в пределах от 0 до 360° . Небесные объекты, находящиеся на одном круге широты, имеют одинаковые долготы эклиптические.

Система координат эклиптическая применяется в теоретической астрономии при определении орбит небесных объектов.

Образцы решения задач:

1) В истинный полдень 21 мая 2022 года зенитное расстояние Солнца на Майданакской обсерватории (Кашкадарьинская область) было $30^{\circ}04' S$ (над точкой юга). Как можно рассчитать координаты Солнца, по экваториальной системе координат, если географическая широта высокогорной обсерватории Майданак $= 38^{\circ}47'$, а звёздные часы показывали время $4^h50^m30^s$.

Дано:

$$Z_{\odot} = 30^{\circ}04' S$$

$$S_{\odot} = 4^h50^m30^s$$

$$\varphi = 38^{\circ}47'$$

Найти $\alpha_{\odot}$ - ?

Решение:

$$\delta_{\odot} = \varphi - Z_{\odot} = 38^{\circ}47' - 30^{\circ}04' = 8^{\circ}03'$$

$$\sin \alpha_{\odot} = \operatorname{tg} \delta_{\odot} \cdot \operatorname{ctg} \varepsilon = \operatorname{tg} 8^{\circ}03' \cdot \operatorname{ctg} 23^{\circ}27' = 0,14 \cdot 2,36$$

$$= 0,3304; \alpha_{\odot} = \sin 0,3304 = 0,0058$$

Ответ: $\alpha_{\odot} = 0,0058$

2) Чтобы определить положение тела, используя пространственную систему координат, где 3 координаты X, Y, Z . Но в звёздных каталогах звёзды имеют 2 координаты: восхождение α и склонение δ , почему?

Ответ: В сферической системе координат — третья координатой, является модуль радиуса — вектора, то есть расстояние до небесного объекта r . В звёздных каталогах в аналогом служит годичный параллакс, который определяют по формуле $r = \frac{1}{p}$ (Пк). Для задач сферической астрономии используется 2 координаты α восхождение и δ склонение, а в эклиптических λ, β для галактических l, b .

3) Круг склонений небесной сферы, в каком месте Земли может совпасть с горизонтом?

Ответ: На экваторе.

4) В каком случае при суточном движении звезды будут на всех широтах двигаться параллельно горизонту?

Ответ: В верхних и нижних своих кульминациях.

Вопросы и задачи для самостоятельного решения:

1. Дайте краткое определение понятию зенит?
2. Дайте краткое определение точки пересечения горизонта и небесного экватора?
3. Точка пересечения горизонта и небесного меридиана представляет на небесной сфере?
4. Что это за линия: пересечения небесной сферы с плоскостью горизонта?
5. Точка пересечения небесной сферы со осью мира называется?
6. В каком месте Земли происходит такое явление, что все звёзды, наблюдаемые звёзды движутся параллельно горизонту в одну сторону?
7. В какие дни месяца и года в точках пересечения эклиптики и небесного экватора Солнце бывает два раза в год?
8. На какой географической широте звезда, только, что, взошла, находится под прямым углом к горизонту?
9. Что представляет собой небесная сфера, схематично зарисуйте её, указав основные точки и линии?
10. Как называется и обозначается большой круг небесной сферы, перпендикулярный отвесной линии?

Тема № 3: Решение задач на тему: Кульминация и высота кульминации светил

В любом месте земной поверхности высота h_p полюса мира будет равна географической широте φ места на Земле, т. е.

$$h_p = \varphi \quad (1)$$

плоскость небесного экватора и плоскости небесных параллелей будут наклонены к плоскости математического горизонта под углом:

$$i = 90^\circ - \varphi \quad (2)$$

Зенитное расстояние z и высота h абсолютно любой точки небесной сферы, в том числе и любого небесного объекта, связаны между собою формулой:

$$h + z = 90^\circ \quad (3)$$

Когда происходит верхняя кульминация (рис. № 1) небесный объект со склонением $\delta < \varphi$ (звёзды M_1 , M_2 и M_3) будет пересекать небесный меридиан к югу от зенита z (над или под точкой юга S) и его зенитное расстояние определяется формулами:

$$Z_u = \varphi - \delta \quad (4)$$

а высота:

$$h_u = (90^\circ - \varphi) + \delta \quad (5)$$

азимут $A_B = 0^\circ$ и часовой угол $t_B = 0^\circ = 0^h$.

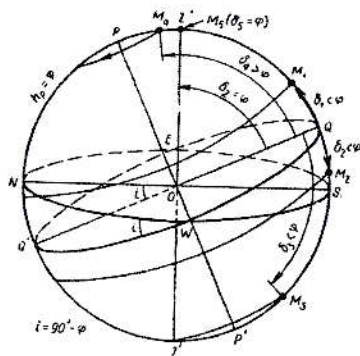


Рис. № 1. Верхняя кульминация небесных объектов

При $\delta > \varphi$ небесный объект (M_4) в верхней кульминации будет пересекать небесный меридиан к северу от зенита (на

точкой севера N), между зенитом Z и северным полюсом мира P , и тогда зенитное расстояние небесного объекта:

$$Z_u = \delta - \varphi \quad (6)$$

а высота:

$$h_u = (90^\circ - \delta) + \varphi \quad (7)$$

азимут $A_B = 180^\circ$, а часовой угол $t_B = 0^\circ = 0^h$.

В момент нижней кульминации (рис. № 2) небесный объект, наблюдаемый на небе будет пересекать небесный меридиан под северным полюсом мира. В нижней кульминации высота небесного объекта:

$$h_n = \delta - (90^\circ - \varphi) \quad (8)$$

а его зенитное расстояние:

$$z_n = 180^\circ - \delta - \varphi \quad (9)$$

азимут $A_n = 180^\circ$ и часовой угол $t_n = 180^\circ = 12^h$.

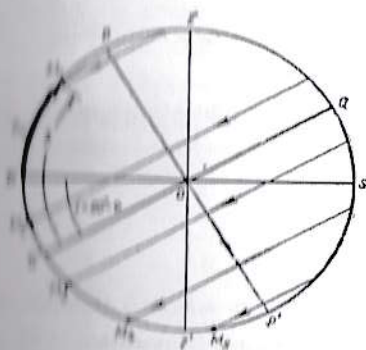


Рис. № 2. Нижняя кульминация небесных объектов

Есть зависимость от φ , тогда небесные объекты с $\delta < 0^\circ$ будут в нижней кульминации подниматься под точкой юга S (звезда M_3) и тогда $A_n = 0^\circ$, а часовой угол $t_n = 180^\circ = 12^h$. Тогда при решении задач, возникает такое не равенство $z_n > 180^\circ$ или $h_n < -90^\circ$, и, следовательно, настоящее зенитное расстояние $z = 360^\circ - z_n$ а высота $h = -(180^\circ + h_n)$, но обычно $h = 90^\circ - z$.

Также при решении задач по астрономии, можно использовать формулы в зависимости от склонений небесных объектов:

$$\delta \geq + (90^\circ - \varphi) \quad (10)$$

$$\delta \leq - (90^\circ - \varphi) \quad (11)$$

Образцы решения задач:

1) Каково склонение звёзд, которые в Ташкенте ($\varphi = 41^\circ 18'$) кульминируют на высоте 45° ?

Дано:

$$\varphi = 41^\circ 18'$$

$$h_{в.к.} = 45^\circ$$

Решение:

Запишем формулу высоты светила в верхней кульминации

$$h_{в.к.} = 90^\circ - \varphi + \delta$$

Найти δ - ? Преобразуем формулу и выразим склонение:

$$\delta = h - 90^\circ + \varphi$$

Найдём склонение звёзд, подставив числовые значения:

$$\delta = 45^\circ - 90^\circ + 41^\circ 18' = 3^\circ 42'$$

Ответ: склонение звёзд равно $3^\circ 42'$

2) Какова высота Солнца в полдень в день земного солнцестояния в Термезе ($\varphi = 37^\circ 13'$)? Полдень это верхняя кульминация Солнца 12° . В день зимнего солнцестояния склонение Солнца равно $-23^\circ 26'$.

Дано:

$$\varphi = 37^\circ 13'$$

$$\delta = -23^\circ 26'$$

Решение:

Запишем формулу высоты светила в верхней кульминации

$$h_{в.к.} = 90^\circ - \varphi + \delta$$

Найти $h_{в.к.}$ - ? Вычислим высоту Солнца: $h_{в.к.} = 90^\circ - 37^\circ 13' - 23^\circ 26' = 29^\circ 21'$

Ответ: Солнце в полдень зимнего солнцестояния в Термезе будет $29^\circ 21'$.

4) Ригель находился в верхней кульминации на высоте 10° .

Определите широту места наблюдения?

Дано:

$$h_{в.к.} = 10^\circ$$

Решение:

Склонение Ригеля - $0^\circ 8'$. Тогда

Найти φ - ? $h = 90^\circ - \varphi + \delta$ преобразуем формулу:

$$\varphi = 90^\circ - h + \delta = 90^\circ - 10^\circ - 0^\circ 8' = 79^\circ 2'$$

Ответ: широта местности $\varphi = 79^\circ 2'$.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Звёзды и созвездия лучше наблюдать, когда они находятся в верхней кульминации высоко над линией горизонта. Посмотрите по карте звёздного неба, какие из перечисленных в таблице звёзд можно наблюдать в Ташкенте? Заполните таблицу.

Название звезды	Созвездие	Месяц, удобный для наблюдений, также указать часы вечера или утра
Антарес		
Альгаир		
Бетельгейза		
Сириус		
Мира		
Синна		

3. Склонение звезды Сириус равно $\delta = 16^\circ 41'$. На какой максимальной высоте h_{max} над горизонтом может быть видна эта

- звезда, если наблюдатель находится в Ургенче (Хорезмская область), географическая широта которой $\varphi = 41^{\circ}32'$?
3. Каково склонение звёзд, которые кульминируют в Самарканде ($\varphi = 39^{\circ}39'$) на высоте 50° ?
4. На какой географической широте звезда Капелла кульминирует в зените. Высота зенита 90° , склонение звезды Капелла $45^{\circ}58'$?
5. Какова высота Солнца в полдень в день зимнего солнцестояния в Коканде ($\varphi = 40^{\circ}31'$)?
6. Определите высоту звезды Спика (α Девы) в момент кульминации на северном полярном круге ($\varphi = 66^{\circ}$). Склонение Спика $\delta = -11^{\circ}$.
7. На какой минимальной географической широте звезда Кастор (Близнецов) не заходит за горизонт? Склонение Кастора $\delta = 31^{\circ}$.
8. Определить полуденную высоту Солнца в Фергане ($\varphi = 40^{\circ}23'$) в день летнего солнцестояния. Склонение Солнца в день летнего солнцестояния равно $\delta = 23^{\circ}27'$.
9. На каких географических широтах звезда Поллукс ($\delta = 28^{\circ}06'$) заходит за линию горизонта и проходит через точки зенита надир?
10. Вычислите географическую высоту кульминации Солнца в день летнего солнцестояния на высоте $75^{\circ}40'$ над точкой северного

Тема № 3: Решение задач на тему: Среднее, солнечное, декретное, поясное и мировое время. Календари

Звездное время обозначается S и измеряется часовым углом t_{γ} точки весеннего равноденствия и поэтому всегда соответствует равенству $S = t_{\gamma}$. У небесного объекта с прямым восхождением часовая угол вычислим по формуле:

$$t = S - \alpha \quad (1)$$

Звездное время S в некотором месте с географической долготой λ будет связано со звездным временем S_0 по Гринвичу:

$$S = S_0 + \lambda \quad (2)$$

λ будет измерено к востоку от Гринвича. В некоторых случаях, ставят условие перевести градусные единицы в единицы времени, для этого можно пользоваться специальными таблицами.

В одно и то же время звездное время S_1 и S_2 в двух местностях будет различаться на разность географической долготы λ_1 и λ_2 этих местностей, т.е.

$$S_2 - S_1 = \lambda_2 - \lambda_1 \quad (3)$$

Местное среднее время определим по формуле:

$$T_{\lambda} = T_{\odot} + \eta \quad (4)$$

$T_{\odot}$ — истинное солнечное время, которое можно измерить часовым углом Солнца, если мы его увеличим на 12^h , η — представляет собою уравнение времени.

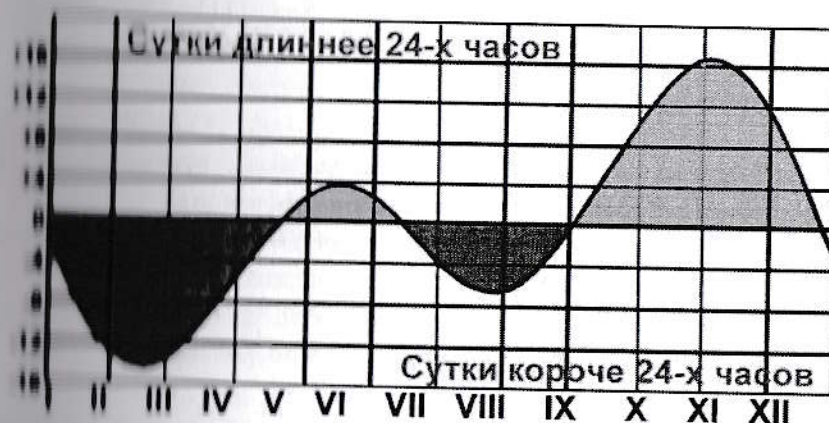


Рис. № 1. Уравнение времени

$$T_{\odot} = t_{\odot} + 12^h \quad (5)$$

Местное среднее время $T_{\lambda 1}$ и $T_{\lambda 2}$ двух местностей связано между собой соотношением:

$$T_{\lambda 1} - T_{\lambda 2} = \lambda_2 - \lambda_1 \quad (6)$$

а со средним временем T_0 по Гринвичу (которое называем всемирным временем) - определяется равенством:

$$T_{\lambda} = T_0 + \lambda \quad (7)$$

В обычной жизни используется или поясное время:

$$T_n = T_0 + N \quad (8)$$

или декретное время:

$$T_d = T_n + l^q = T_0 + n + l^q \quad (9)$$

где n – часовой пояс с определённым номером.

Для двух разных местностей, расположенных в различных часовых поясах n_1 и n_2 ,

$$T_{d2} - T_{d1} = T_{n2} - T_{n1} = n_2 - n_1 \quad (10)$$

Если часы показывают T_q (или S_q), то это не всегда будет соответствовать моменту точного времени T или S :

$$u = T - T_q \text{ или } u_s = S - S_q \quad (11)$$

эта формулу можно применять при решении задач астрономии по основам времени.

Если определено ϕ , то определяют склонение небесных объектов, у которых наблюдаем верхнюю кульминацию. В точнейших измерениях учитывается рефракция.

В истинный полдень регулярно измеряют зенитное расстояние $z_{\odot}$ Солнца и снимают показание S_q звездных часов, потом используя формулу вычисляют склонение $\delta_{\odot}$, затем определяют прямое восхождение $\alpha_{\odot}$, поскольку:

$$\sin \alpha_{\odot} = \operatorname{tg} \delta_{\odot} - \operatorname{ctg} \varepsilon \quad (12)$$

где $\varepsilon = 23^{\circ}26'$ - наклонение эклиптики, упоминающийся ранее в тексте.

Прямое восхождение небесных объектов определяется по формуле:

$$\alpha = \alpha_{\odot} + (S'_q - S_q) \quad (13)$$

Прямое восхождение других небесных тел определяется по формуле:

$$\alpha = S'_q + u_s \quad (14)$$

Календарь - это система исчисления длительных промежутков времени.

На Земле происходит 3 естественных периодических процесса: смена дня и ночи, смена времен года, смена лунных фаз. В разное время жизни у разных людей и национальностей в основе календаря лежали основные процессы и природные явления, поэтому существовали солнечные, лунные, лунно-солнечные календари. В основе солнечных календарей - продолжительность тропического года, в основе лунных календарей - лунного месяца, лунно-солнечные календари объединяют оба периода.

Из практических условий, календарь должен соответствовать следующим условиям:

- 1) Календарь в течении года должен содержать целое число суток.
- 2) Длина календарного года должна быть как можно ближе к продолжительности тропического года.

Юлианский календарь.

Тропический год содержит 365.2422 солнечных суток или $365^d 5^h 48^m 46^s 365^d 6^h$. На основе этого факта александрийский астроном Созиген разработал, а римский император Юлий Цезарь в 46 г. до нашей эры ввел календарь, называемый в данное время юлианским. Его суть заключается в следующем: длина простого календарного года устанавливается в 365^d . При этом за 4 года накапливается разница почти в 1 сутки, поэтому каждый четвертый год содержит 366^d и стал называться високосным. Принято считать високосными те годы, номера которых делятся на 4 без остатка (например, 2020, 2024, 2028 г.).

Юлианский год немного длиннее тропического на $0^d.007$ за 128 лет расхождение в календарях начинает составлять сутки. Юлианским календарем пользовались приблизительно около 16 столетий, и за это время накопилась разница в 10 суток. Это приводило к путанице в определении дат церковных праздников.

Григорианский календарь.

Изменение юлианского календаря стало необходимо в 1582 г. была проведена римским папой Григорием XIII, поэтому новый календарь называется григорианского. Суть изменения календаря в следующем:

- 1) Было изменено накопившееся расхождение в 10 суток юлианского календаря с учетом тропических лет (после 4 октября постановили считать 15 октября).
- 2) В юлианском календаре за 400 лет разница с реальным временем составила почти ровно 3 суток. Поэтому в григорианском календаре принято не считать високосными годы столетий, у которых номера не делятся без остатка на 4. Например, 2000 год был високосным, а 1900 - нет.

В результате средняя за 400 лет продолжительность календарного года в григорианском календаре составляет 365,2425, расхождение всего $0^d.0003$, что даст расхождение в 1 сутки лишь через 3300 лет.

Григорианский календарь, называют еще новым стилем, юлианский - старым стилем.

Образцы решения задач:

- 1) Населённый пункт находится в шестом часовом поясе, географической долготой $5^{\circ}15^{\text{м}}$. В этот день уравнение времени составило - $14^{\text{м}}$, 2 ноября. Как определить местное среднее поясное время этого населённого пункта в полдень?

Дано:

$$\lambda = 5^{\circ}15^{\text{м}}$$

$$n = 6$$

$$2 \text{ ноября } \eta = 14^{\text{м}}$$

Найти $T_{\lambda} - ? T_n - ?$

Решение:

Вычислим местное среднее время на 2 ноября:

$$T_{\lambda} = T_{\odot} + \eta = 12^{\circ}00^{\text{м}} + 14^{\text{м}} = 12^{\circ}14^{\text{м}}$$

поясное время вычислим по формуле:

$$T_n = T_{\lambda} + (n - \lambda) = 12^{\circ}14^{\text{м}} + (6 - 5^{\circ}15^{\text{м}}) = 12^{\circ}59^{\text{м}}$$

Ответ: Местное среднее время $T_{\lambda} = 12^{\circ}14^{\text{м}}$; поясное время населённого пункта $T_n = 12^{\circ}59^{\text{м}}$.

- 2) Когда по поясному времени города Бухары ($\lambda = 3^{\circ}14^{\circ}00^{\circ}$, 5 часовой пояс) 22 июня, произойдёт кульминация Солнца, если $+1^{\circ}30^{\circ}$ уравнение времени в этот день?

Дано:

$$\lambda = 3^{\circ}14^{\circ}00^{\circ}$$

$$n = 5$$

$$22 \text{ июня } \eta = 1^{\circ}30^{\circ}$$

Найти $T_n - ?$

Решение:

$$T_m = T_n + \eta = 12^{\circ}01^{\circ}30^{\circ}$$

$$UT = T_m - T = 12^{\circ}01^{\circ}30^{\circ} - 3^{\circ}14^{\circ}00^{\circ} =$$

$$= 8^{\circ}46^{\circ}30^{\circ}; T_n = UT + N^{\circ}$$

$$T_n = 8^{\circ}46^{\circ}30^{\circ} + 5^{\circ} = 13^{\circ}46^{\circ}30^{\circ}$$

Ответ: Кульминация Солнца в Бухаре произойдёт в $13^{\circ}46^{\circ}30^{\circ}$.

- 3) Если в Гринвиче $9^{\circ}15^{\circ}10^{\circ}$, в пункте местное время равно $11^{\circ}30^{\circ}15^{\circ}$. Определите долготу этого пункта?

Дано:

$$T_0 = 9^{\circ}15^{\circ}10^{\circ}$$

$$T_n = 11^{\circ}30^{\circ}15^{\circ}$$

Решение:

Местное время - это среднее солнечное время, а местное время Гринвича - всемирное время.

Найти $\lambda - ?$

Используем для решения формулу, которая связывает

среднее солнечное время T_m и всемирное время T_0 и долготу λ , выраженную в часовом измерении: $T_m = T_0 + \lambda$; $\lambda = T_m - T_0 = 11^h 30^m 15^s - 9^h 15^m 10^s = 2^h 15^m 5^s$.

Ответ: Долгота пункта $\lambda = 2^h 15^m 5^s$.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Если бы границы поясов строго совпадали с границами меридианов, чему бы была равна разница поясного времени Ташкента ($41^{\circ}26'$ с. ш. $69^{\circ}21'$ в.д.) и Термеза ($37^{\circ}13'$ с.ш. 67° в.д.)?
2. В полночь по местному времени человек отметил 20 ч 10 мин Гринвичу. Определите из условий задачи - географическую долготу места наблюдения?
3. Долгота города Ферганы $\lambda = 71^{\circ}47'11''$, определите время Гринвичу, если известно, что это был местный полдень?
4. Определить звёздное время звезды Антарес (α созвездия Скорпион) в моменты верхней и нижней кульминации, при восхождении которой $16^h 29^m 24^s$?
5. Вычислите поясное время в Вашингтоне ($n_1=5$), если путешественник находится в пункте второго часового пояса ($n_2=2$), с соответствующим временем $14^h 24^m 17^s$?
6. Определить декретное время в Венгрии ($n_1=1$), если в Москве декретное время ($n_2=2$) 12^h ?
7. Самолёт отправляется 6 марта (по декретному времени) из Санкт - Петербурга в 7 часов 15 минут по местному времени (декретное время 3 часового пояса). Какого в этот момент всемирное время?
8. Какие периодические движения небесных тел, должны быть учтены, чтобы составить календарь? Дать понятие определён календарь?

9. В 2023 году григорианский календарь, на сколько суток расходится с юлианским календарём?

10. Сколько дней составит разница между юлианским и григорианским календарями через 500 лет в 2522 году?

Тема № 4: Решение задач на тему: связанных с вычислением момента восхода и захода Солнца и азимутов точек восхода и захода Солнца

Связь между горизонтальными и экваториальными небесными координатами осуществляется через параллактический треугольник PZM (рис. № 1), вершинами которого служат полюс мира P, зенит Z и звезда M, а сторонами - дуга PZ небесного меридиана, дуга ZM круга высоты звезды и дуга PM его круга склонения. Очевидно, что $PZ = 90^{\circ} - \varphi$, $ZM = z = 90^{\circ} - h$ и $PM = 90^{\circ} - \delta$, где φ - географическая широта места наблюдения, z - зенитное расстояние, h - высота и δ - склонение звезды.

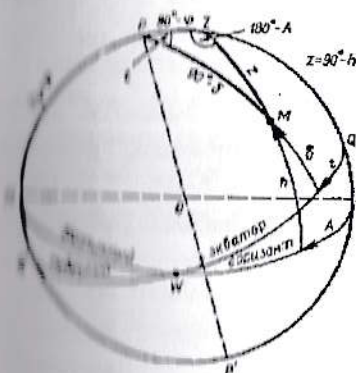


Рис. № 1. Параллактический треугольник

В параллактическом треугольнике угол при зените равен $180^{\circ} - A$, где A - азимут звезды, а угол при полюсе мира - часовому

углу t той же звезды. Тогда горизонтальные координаты вычисляются по формулам:

$$\cos z = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t \quad (1)$$

$$\sin z \cdot \cos A = -\sin \delta \cdot \cos \varphi + \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos t \quad (2)$$

$$\sin z \cdot \sin A = \cos \delta \cdot \sin t \quad (3)$$

а экваториальные координаты — по формулам:

$$\sin \delta = \cos z \cdot \sin \varphi - \sin z \cdot \cos \varphi \cdot \cos A, \quad (4)$$

$$\cos \delta \cdot \cos t = \cos z \cdot \cos \varphi + \sin z \cdot \sin \varphi \cdot \cos A, \quad (5)$$

$$\cos \delta \cdot \sin t = \sin z \cdot \sin A, \quad (6)$$

причем $t = S - \alpha$, где α — прямое восхождение звезды и звездное время.

Тогда в данный момент T , который соответствует среднему гринвичскому времени T_0 , звездное время в Гринвиче применим формула:

$$S_0 = S_0 + \Delta S \quad (7)$$

а в данной местности:

$$S = S_0 + \lambda, \quad (8)$$

где λ — географическая долгота места наблюдения,

Если перевести интервал звездного времени ΔS в интервал среднего времени $\Delta T = T_0$ (т. е. $\Delta S \rightarrow \Delta T$), то по таблице выполним вычитанием поправки.

Азимуты точек восхода и захода и моменты времени небесных объектов вычисляются по формулам, в которых принимается $z=90^\circ 35'$ (с учетом рефракции $\rho = 35'$).

Полученные значения часового угла в пределах от 180 до 360 и азимута соответствуют восходу звезды, а в пределах от 0 до 180° — его заходу.

Образцы решения задач:

1) Полуденная высота Солнца равна 20° , а его склонение равно -17° . Определите географическую широту места наблюдения?

Дано:

$$h = 20^\circ$$

$$\delta = -17^\circ$$

Найти φ - ?

Решение:

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta$$

$$\varphi = 90^\circ + \delta - h$$

$$\varphi = 90^\circ - 17^\circ - 20^\circ = 53^\circ$$

Ответ: Географическая широта места наблюдения $\varphi = 53^\circ$

2) Вычислите азимуты точек восхода и захода Солнца, если часовой угол Солнца принять за $t = 160^\circ$, в точке, где склонение Солнца в полдень составило $\delta = 22^\circ$, а его зенитное расстояние $z = 95^\circ$?

Дано:

$$t = 160^\circ$$

$$\delta = 22^\circ$$

$$z = 95^\circ$$

Найти A - ?

Решение:

$$\sin A = \frac{+\cos \sigma}{-\sin z} \sin t = \frac{+0,927}{-0,996} \cdot 0,342 = 0,318$$

$$A = \pm 161^\circ$$

Ответ: Азимут восхода Солнца $A_1 = -161^\circ$, заход азимута $A = 161^\circ$.

3) Определить зенитное расстояние, азимут, часовой угол и высоту звезды Капеллы (а Возничего) в верхней и нижней кульминации на северном тропике ($\varphi = 23^\circ 27'$), на географической широте $\varphi = 45^\circ 58'$ и на северном полярном круге ($\varphi = 66^\circ 33'$). Склонение Капеллы $\delta = 45^\circ 58'$.

Дано: Капелла (α Возничего), $\delta = 45^\circ 58'$;

северный тропик, $\varphi = 23^\circ 27'$; место с $\varphi = 45^\circ 58'$;

северный полярный круг, $\varphi = 66^\circ 33'$.

Решение:

$$z_{\text{с}} = \delta - \varphi = 45^\circ 58' - 23^\circ 27' = 22^\circ 31' \text{N}$$

$$h_{\text{с}} = 90^\circ - z_{\text{с}} = 90^\circ - 22^\circ 31' = 67^\circ 29' \text{N};$$

значит, азимут $A_{\text{с}} = 180^\circ$, а часовой угол $t_{\text{с}} = 0^\circ = 0'$.

$$z_{\text{в}} = \varphi - \delta = 66^{\circ}33' - 45^{\circ}58' = 20^{\circ}35'S$$

$$h_{\text{в}} = 90^{\circ} - z_{\text{в}} = 90^{\circ} - 20^{\circ}35' = 69^{\circ}25'S$$

а поэтому $A_{\text{в}} = 0^{\circ}$ и $t_{\text{в}} = 0^{\circ} = 0^{\text{ч}}$,

$$h_{\text{н}} = \delta - (90^{\circ} - \varphi) = 45^{\circ}58' - (90^{\circ} - 23^{\circ}27') = -20^{\circ}35' N$$

$$z_{\text{н}} = 90^{\circ} - h_{\text{н}} = 90^{\circ} - (-20^{\circ}35') = 110^{\circ}35' N$$

азимут $A_{\text{н}} = 180^{\circ}$ и часовой угол $t_{\text{н}} = 180^{\circ} = 12^{\text{ч}}$, на географической широте $\varphi = 45^{\circ}58'$ у звезды:

$$h_{\text{н}} = \delta - (90^{\circ} - \varphi) = 45^{\circ}58' - (90^{\circ} - 45^{\circ}58') = 1^{\circ}56' N$$

$$z_{\text{н}} = 90^{\circ} - h_{\text{н}} = 90^{\circ} - 1^{\circ}56' = 88^{\circ}04' N$$

$$A_{\text{н}} = 180^{\circ} \text{ и } t_{\text{н}} = 180^{\circ} = 12^{\text{ч}}$$

При ($\varphi = 66^{\circ}33'$)

$$h_{\text{н}} = \delta - (90^{\circ} - \varphi) = 45^{\circ}58' - (90^{\circ} - 66^{\circ}33') = 22^{\circ}31' N$$

$$\text{и } z_{\text{н}} = 90^{\circ} - h_{\text{н}} = 90^{\circ} - 22^{\circ}31' = 67^{\circ}29' N$$

Ответ: $h_{\text{н}} = -20^{\circ}35' N$; $z_{\text{н}} = 88^{\circ}04' N$; $A_{\text{н}} = 180^{\circ}$ и $t_{\text{н}} = 180^{\circ} = 12^{\text{ч}}$

Задачи для самостоятельного решения:

1. Эратосфен, определяя радиус Земли, заметил, что в Сие (Асуане) Солнце бывает в зените в день летнего солнцестояния. На какой широте φ находится Асуан?
2. В середине XX века была установлена дата постройки храма Междуречья - зиккуратов. Астрономы решили, что он закладывался в определённый день года в момент захода Солнца, причём основная ось храма была ориентирована по ведущей яркой звезде. Это позволило им, используя закономерности измерения во времени вида звёздного неба, установить точные даты постройки зиккуратов: они были возведены во II тысячелетии до н. э. Можете Вы предположить дату, время захода Солнца и название храмовой звезды, по которой была ориентирована главная ось храма?
3. Географическая широта Ферганы равна $40^{\circ}23'$. На какой высоте в этом городе происходит верхняя кульминация звезды Вега? Каково склонение которой равно 38° ?

4. В месте, широта которого 35° (с.ш.), наблюдатель наблюдал небесный объект, у которого $\delta = 40^{\circ}$, а часовой угол $\alpha = 30^{\circ}$. Найти азимут A этого светила и высоту h , используя рис. № 1.

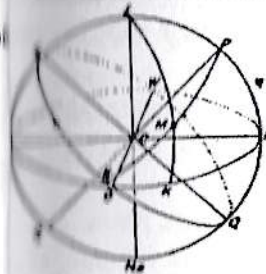


Рис. № 1.

5. В месте, широта которого равна -45° (ю. ш.), наблюдалась звезда на высоте 45° и в азимуте 100° восточном. Найти склонение этой звезды и часовой угол по рис. № 2.

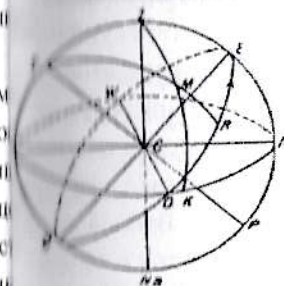


Рис. № 2.

6. Рассчитать высоту и азимут небесного объекта. Полученный азимут перевести в $\varphi = 47^{\circ}31.8' N$, $\delta = 49^{\circ}02.5' N$, $t = 53^{\circ}24.4' W$ в круговую систему счета?

7. Определите часовой угол Солнца, если оно восходит в то же время в горизонте с азимутом $A_1 = 145^\circ$, в точке, где склонение Солнца полдень было равным $\delta = 23^\circ$, а зенитное расстояние составило $z = 91^\circ$?

8. Найдите зенитное расстояние Солнца, если средняя рефракция в горизонте $\rho = 45'$ и угловой радиус $r = 15'$ Солнца, используя формулу: $z = 90^\circ + \rho + r$?

9. Определите склонение Солнца, верхняя кульминация, которую наблюдалась в Нукусе (географическая широта $\varphi = 42^\circ 27'$), высоте 47° над точкой юга?

10. Склонение Солнца, ближайшей к Земле звезде равно $\delta = 1^\circ$. На какой высоте над горизонтом мы можем видеть Солнце, если наблюдатель находится в Фергане, с географической широтой $\varphi = 40^\circ 23'$?

Тема № 5: Решение задач на тему: Законы Кеплера и планетные конфигурации

1. Первый (обобщенный) закон Кеплера: в невозмущенном движении орбита движущейся точки есть кривая второго порядка в одном из фокусов которой находится центр силы притяжения.

2. Второй (обобщенный) закон Кеплера: в движении площадь, которую можно описать радиусом - вектором точки, который движется, изменяется в зависимости от времени. Второй закон Кеплера, приведен для эллиптической орбиты планеты в сферическом движении вокруг Солнца, и можно принять любую орбиту (эллипс, парабола, гипербола).

3. Третий закон Кеплера: квадраты времен обращения планет пропорциональны кубам их средних расстояний от Солнца (больших полуосей их орбит).

Третий закон Кеплера запишем в виде:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \quad (1)$$

где T_1 и T_2 - сидерические периоды обращений планет, a_1 и a_2 - большие полуоси их орбит.

Если большие полуоси орбит планет выражаются в единицах среднего расстояния Земли от Солнца (в астрономических единицах), а периоды обращений планет - в годах, то для Земли $a = 1$ и $T = 1$, период обращения вокруг Солнца любой планеты:

$$T = \sqrt{a^3} \quad (2)$$

Уравнение эллиптической орбиты в полярных координатах имеет вид:

$$r = \frac{p}{1 + e \cos v}$$

(3) где p - параметр кривой, определяющий размеры орбиты, e - ее эксцентриситет, v - истинная аномалия.

Конфигурациями планет называют некоторые характерные взаимные расположения планет Земли и Солнца.

Средним расстоянием планеты от Солнца является большая полуось ее орбиты:

$$a = \frac{q + Q}{2} \quad (4)$$

Расстояния между планетами от Солнца, и планетами Солнечной системы и принято измерять в - астрономических единицах, учитывая, что

$$1 \text{ а. е.} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ км.}$$

Звездные, или сидерические, периоды обращения T_1 и T_2 двух планет связаны с их средними расстояниями a_1 и a_2 от Солнца третьим законом Кеплера:

$$\frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{a_2^3}{a_1^3} \quad (5)$$

$$T^2 = a^3 \quad (6)$$

средняя продолжительность синодического периода обращения планеты связана с сидерическим периодом T уравнением синодического движения:

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \quad (7)$$

для верхних планет:

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \quad (8)$$

для нижних планет:

где T_0 - сидерический период обращения Земли, равный звездному году.

Средний синодический период обращения позволяет вычислить примерную дату t_2 очередного наступления определенной конфигурации планеты по известной дате t_1 той же конфигурации, так как:

$$t_2 \sim t_1 + S \quad (9)$$

Долгота планеты определяется формулами:

$$L_2 = l_1 + \omega (t_2 - t_1) = l_1 + \omega \Delta t \quad (10)$$

$$l_{02} = l_{01} + \omega_0 (t_2 - t_1) = l_{01} + \omega_0 \Delta t \quad (11)$$

откуда, обозначив: $\omega_0 - \omega = \Delta \omega$ и $(l_{02} - l_{01}) - (l_2 - l_1) =$ получим:

$$\Delta t = \frac{L}{\Delta \omega} \quad (12)$$

и

$$t_2 = t_1 + \Delta t \quad (13)$$

При вычислении конфигураций нижних планет $\Delta \omega = \omega - \omega_0$

Самые большие противостояния с Землей планет, которые обращаются по вытянутым орбитам, повторяются через определённые целые числа m и n синодических S и сидерических T периодов обращения, значит:

$$mS = nT \quad (14)$$

Образцы решения задач

1) Каков синодический период Сатурна, если его звёздный период равен 29,46 земного года?

Дано:

$$T_0 = 29,46 \text{ года}$$

$$T = 1 \text{ год}$$

Найти S - ?

Решение:

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}$$

$$S = \frac{T_0 \cdot T}{T - T_0}$$

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} = \frac{1}{s} = \frac{T}{T_0} - \frac{T_0}{T}$$

$$S = \frac{1 \cdot 29,46}{29,46 - 1} = \frac{29,46}{28,46} = 1,035 \text{ года}$$

Ответ: Синодический период Сатурна равен 1,035 года

2) Определите афелийное расстояние самого большого астероида Цереры, если эксцентриситет составляет 0,08, а большая полуось его орбиты равна 2,76 а. е. а

Дано:

$$a = 2,76 \text{ а. е.}$$

$$e = 0,08$$

Найти Q - ?

Решение:

$Q = a (1+e)$ выражения для минимального и максимального расстояния планеты от Солнца:

$$Q = 2,76 \text{ а. е.} \cdot (1 + 0,08) = 2,98 \text{ а. е.}$$

Ответ: Афелийное расстояние астероида Цереры составляет 2,98 а. е.

3) Определите, решая задачу: большую полуось орбиты астероида 2060 Хирона, если известно его афелийное расстояние 19,9 а. е., а эксцентриситет составляет 0,384.

Дано:

$$Q = 19,9 \text{ а.е.}$$

$$e = 0,384$$

Найти a - ?

Решение:

$$Q = a(1+e); a = \frac{Q}{1+e} = \frac{19,9 \text{ а.е.}}{1+0,384} = 14,38 \text{ а.е.}$$

Ответ: Большая полуось орбиты астероида 2060 Хирона равна 14,38 а.е.

4) Если предположить, что космический зонд падает на Солнце орбиты Земли без приобретённой начальной скорости, рассчитайте время падения?

Дано:

$$2a = 1 \text{ а.е.}$$

$$a = 0,5 \text{ а.е.}$$

Решение:

Если предположить, что падение происходит по эллипсу.

Тогда для этого эллипса $2a = 1 \text{ а.е.}$, $a = 0,5 \text{ а.е.}$

Найти T - ? Применим 3 Закон Кеплера $\frac{T_z^2}{T_{\text{земли}}^2} = \frac{a_z^3}{a_{\text{земли}}^3}$

$$T_{\text{зонда}} = T_{\text{земли}} \sqrt{\frac{a_{\text{зонда}}^3}{a_{\text{земли}}^3}} = 1 \sqrt{\frac{0,5^3}{1^3}} = 0,353 \text{ год}$$

Период зонда составляет $0,353 \cdot 365 = 129$ суток

Зонд движется только в направлении к Солнцу, значит время, потраченное на падение равно половине периода $\frac{T}{2} = \frac{129}{2} = 65$ суток.

Ответ: Время падения космического зонда на Солнца 65 суток

Задачи для самостоятельного решения

1. Расстояние от астероида Паллада до Солнца меняется в пределах от 2,12 а.е. до 3,42 а.е. Найдите период обращения астероида?

2. Расстояние от Солнца до астероида Сильвия изменяется в пределах от 3,2 а.е. до 3,5 а.е., а до астероида Юнона, который вращается по своей орбите 4,37 года, вычислить его перигельное и афелийное расстояние, и эксцентриситеты орбиты обоих астероидов?

3. Определить нижнее соединение планеты Венеры, при условии, что её звёздный период равен 225 суток?

4. Вычислить сидерический период Юпитера, если его противостояния повторяются через 399 суток?

5. Известно, что минимальное расстояние между Землей и планетой Венерой равно 0,28 а.е. Найдите период обращения Венеры вокруг Солнца?

6. Астероид Интерамния (704), находится на расстоянии от Земли 4,092 а. е. Определите его синодический и сидерический периоды?

7. Расстояние от Венеры до Солнца 0,723 а.е., синодический период обращения составит 584 дня, вычислите с какой угловой скоростью Венера пересекает диск Солнца, если её угловой диаметр 32'?

8. Спутник Нептуна отстоит от центра планеты на 354 000 км, период его обращения равен 5 суток и 21 час, используя эти данные, вычислите его массу?

9. У двойной звезды α Центавра, у которой период обращения частей звезды вокруг общего центра масс равен 79 лет, а расстояние между ними равно 23,5 а.е. Вычислите массу двойной звезды α Центавра?

10. Если предположить, что масса Солнца уменьшится в 4 раза, могло ли бы оно удержать нашу Землю, вращающееся вокруг неё со скоростью 29,76 км/с?

Тема № 6: Решение задач на тему: вычисление масс, плотностей и радиусов звёзд

Массы M звёзд принято измерять в массах Солнца для физических двойных звёзд, когда известен их параллакс π , согласно третьему закону Кеплера, напишем в виде формулы сумма масс частей двойной звезды:

$$M_1 + M_2 = \frac{a^3}{P^2} \quad (1)$$

где P - период обращения звезды - спутника вокруг основной - главной звезды (или обеих звёзд вокруг общего центра масс), выраженный в годах, и a - большая полуось орбиты звезды - спутника измеряется в астрономических единицах (а.е.).

Величина a в а.е. вычисляется по угловому значению большой полуоси a'' и параллаксу π :

$$a = \frac{a''}{\pi} \quad (2)$$

Если известно отношение расстояний a_1 и a_2 частей двойной звезды от их общего центра масс, то равенство:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{a_2}{a_1} \quad (3)$$

позволяет вычислить массу каждой части звезды в отдельности.

Линейные радиусы R звезд можно измерить в радиусах Солнца

и для звёзд с угловыми диаметрами Δ (в секундах дуги):

$$R = 107,5 \frac{\Delta}{\pi} \quad (4)$$

Значит:

$$\lg \Delta = 5,444 - 0,2m_b - 2\lg T \quad (5)$$

Линейные радиусы звезд можно вычислить по формулам:

$$\lg R = 8,473 - 0,20M_b - 2\lg T \quad (6)$$

$$\lg R = 0,82C - 0,20M_v + 0,51 \quad (7)$$

$$\lg R = 0,72(B - V) - 0,20M_v + 0,51 \quad (8)$$

в которых T - температура звезды -эффективная.

Объёмы звёзд выражаются в объёмах Солнца, то они пропорциональны R^3 , поэтому средняя плотность звёздного вещества:

$$\rho = \rho_{\odot} \frac{M}{R^3} \quad (9)$$

Где $\rho_{\odot}$ - средняя плотность солнечного вещества.

При $\rho_{\odot} = 1$ -средняя плотность звезды получается в плотностях солнечного вещества; если же нужно вычислить ρ в г/см³, следует принять $\rho_{\odot} = 1,41$ г/см³

Мощность излучения звезды или Солнца:

$$\mathcal{E}_0 = 4\pi R^2 \sigma T_e^4 = 4\pi r^2 E \quad (10)$$

а ежесекундная потеря массы через излучение определяется по формуле Альберта Эйнштейна:

$$\Delta M = \frac{\mathcal{E}_0}{c^2} \quad (11)$$

где $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/с - скорость света, ΔM - выражается в граммах в секунду и $\mathcal{E}_0$ - в эргах в секунду.

Образцы решения задач:

1) Температура Альтаира $T_A = 7700$ К, а абсолютная звёздная величина $M_A = 2,2^m$. Светимость Альтаира равна $11 L_{\odot}$ светимостям Солнца. Вычислите радиус звезды Альтаир (в единицах радиуса Солнца)?

Дано:

$$T_A = 7700 \text{ К}$$

$$L_A = 11 L_{\odot}$$

$$M_A = 2,2^m$$

Решение:

$$\lg L_A = 0,4 (M_{\odot} - M_A); \lg L_A = 0,4 (4,7 - 2,2) = 1$$

$$L_A = 11' = 11; L_A = \delta T_{\odot}^4 S_{\odot}; L_A = \delta T_A^4 S_A; L_A = 11 L_{\odot}$$

$$\delta T_A^4 S_A = 11 \delta T_{\odot}^4 S_{\odot}; \frac{S_A}{S_{\odot}} = 11 \frac{T_{\odot}^4}{T_A^4}; \frac{R_A^2}{R_{\odot}^2} = 10 \frac{T_{\odot}^4}{T_A^4}$$

Найти $\frac{R_A}{R_{\odot}}$ - ?

$$\frac{R_A}{R_{\odot}} = \sqrt{10} \frac{T_{\odot}^2}{T_A^2} = \sqrt{10} \frac{6000^2}{7700^2} \cdot \frac{R_A}{R_{\odot}} = 1,94$$

Ответ: Альтаир больше по радиусу Солнца в 1,94 раз.

2) Определить температуру и радиус звезды Вега, если известен её годичный параллакс $\pi=0,123''$, болометрический блеск $0,54^m$, а угловой диаметр равен $0'',0035$.

Дано:

$$\Delta = 3,5 \cdot 10^{-3}$$

$$\pi = 0,123''$$

$$m_b = -0,54^m$$

$$m_{об} = -26,84^m$$

$$E_{\odot} = 2 \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}^4} = \frac{1}{30} \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$$

Найти T_e - ? R - ?

Решение:

Излучение звезды, падающее на единицу площади Земли, является аналогичным солнечной постоянной, используем формулу:

$$\lg \frac{E}{E_{\odot}} = 0,4 (m_{об} - m_b) = 0,4 (-26,84^m + 0,54^m) = -10,520; \frac{E}{E_{\odot}} =$$

$$3,02 \cdot 10^{-11} \text{ или } E = 3,02 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{1}{30} = 1,007 \cdot 10^{-12} \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$$

Эффективная температура звезды вычисляется по формуле:

$$T_e = 642,3 \sqrt[4]{\frac{E}{\sigma \Delta^2}} = 642,3 \sqrt[4]{\frac{1,007 \cdot 10^{-12}}{1,354 \cdot 10^{-12} \cdot (3,5 \cdot 10^{-2})^2}} = 10100 \text{ К}$$

Вычислим по формуле радиус звезды Веги: $R = 107,5 \frac{\Delta}{\pi} = 107,5$

$$\frac{3,5 \cdot 10^{-3}}{0,123} = 3,1 R_{\odot}$$

Ответ: радиус Веги $3,1 R_{\odot}$, эффективная температура Веги $T_e = 10100 \text{ К}$.

3) Найдите размеры звезды Пистолет (V 4647 Стрельца), если её светимость равна 3 300 000 светимостям Солнца, а температура фотосферы $\sim 11800 \text{ К}$ - ?

Дано:

$$L = 3,3 \cdot 10^5 L_{\odot}$$

$$T = 11800 \text{ К}$$

$$T_{\odot} = 6000 \text{ К}$$

Решение:

$$\frac{R}{R_{\odot}} = \sqrt{\frac{L}{L_{\odot}}} \cdot \left(\frac{T_{\odot}}{T}\right)^2$$

$$R = R_{\odot} \cdot \sqrt{\frac{L}{L_{\odot}}} \cdot \left(\frac{T_{\odot}}{T}\right)^2 = R_{\odot} \cdot \sqrt{\frac{3,3 \cdot 10^5 L_{\odot}}{L_{\odot}}} \cdot \left(\frac{6000}{11800}\right)^2 =$$

$$= 454,1 R_{\odot}$$

Найти R - ?

Ответ: Размеры звезды Пистолет в 454,1 раз больше размеров Солнца.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Белый карлик GRW + 708247, который находится в созвездии Дракона с абсолютной звёздной величиной 13^m , с массой в треть меньше Солнца и поверхностной температурой $18\,000 \text{ К}$. Рассчитайте плотность белого карлика?
2. Определите радиус звезды Поллукс (β Близнецы) в единицах радиуса Солнца, если его температура $T=4835 \text{ К}$, а абсолютная звёздная величина $M=1,09^m$?
3. Предположим, что есть обитаемая планета, температурные условия которой аналогичные земным условиям, ближайшая звезда этой планеты, имеет вдвое меньший угловой диаметр. Вычислите температуру этой звезды?
4. Как меняется радиус звезды, если в максимуме блеска, её температура достигает 9000 К , а в минимуме -7000 К , при том, что видимая звёздная величина изменяется на 2^m , так как эта звезда переменная цефеида, поэтому блеск меняется с периодическими пульсациями?
5. В космическом пространстве находится облако нейтрального водорода с температурой 100 К , радиусом 1 Пк и массой 10 масс Солнца, возможно ли, что это облако станет когда-нибудь звездой?
6. Оцените размер и плотность, который будет иметь чёрная дыра, массой 80 масс Солнца?

7. В чём отличие физических переменных звёзд от нормальных стационарных звёзд?

8. Светимость Конопуса в 10700 раз больше светимости Солнца, а температура 7350K? Во сколько раз звезда Конопус (α Киля) больше Солнца?

9. Если красный гигант и белый карлик имеют одинаковую светимость, но разные температуры: красный гигант 3000K, а белый карлик 10^4 K, каково будет соотношение их размеров?

10. Определить сумму масс и массу двойной звезды, если их годичный параллакс составляет $0,06''$. Период обращения компонентов 54 года, видимая большая полуось орбиты равна $2''$. Компоненты звёзды отстоят от центра на расстоянии 1:6.

Тема № 7: Решение задач на тему: расчет расстояний и размеров небесных объектов Солнечной системы

По горизонтальным и экваториальным параллаксам p_0 и экваториальному радиусу Земли R_0 можно вычислить расстояние r от Земли до тел Солнечной системы:

$$r = \frac{R_0}{\sin p_0} \quad (1)$$

или

$$r = \left(\frac{3438'}{p_0'} \right) R_0 \quad (2)$$

если параллакс измерен в минутах дуги (p_0') и

$$r = \left(\frac{206265''}{p_0''} \right) R_0 \quad (3)$$

Угловые размеры небесного объекта $\rho > 3^\circ$, значит его линейные размеры:

$$R = r \sin \rho \quad (4)$$

а при $\rho < 3^\circ$, из-за пропорциональности $\sin \rho$ и ρ ,

$$R = r \left(\frac{\rho'}{3438'} \right) (\rho - \text{в минутах дуги}) \quad (5)$$

$$R = r \left(\frac{\rho''}{206265''} \right) (\rho - \text{в секундах дуги}) \quad (6)$$

и

$$R = R_0 \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right) \quad (7)$$

где ρ и ρ_0 - в тех же единицах измерения.

Применяя формулы к решению астрономических задач (4) - (7) R будет находится в тех же в единицах измерения, что и для r и R_0 .

Небесных тела Солнечной системы, включая Солнце, их радиусы измеряют в радиусах Земли, но полярный радиус R_n , экваториальный радиус R_e и сжатие ε планеты можно рассчитать по формуле:

$$R_n = R_e (1 - \varepsilon) \quad (8)$$

а величина среднего радиуса, выражается формулой:

$$R_c = \sqrt[3]{R_e^2 R_n} = R_e = \sqrt[3]{1 - \varepsilon} \quad (9)$$

Если одинаково сложить направления вращения и обращения небесных объектов вокруг Солнца, то длительность его суток S , период обращения T и период вращения P выражаются формулами:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{T} \quad (\text{при } P < T) \quad (10)$$

и

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{P} \quad (\text{при } P > T) \quad (11)$$

при обратных направлениях, период получится с отрицательным значением.

Образцы решения задач:

1) Масса Сатурна в 95,16 раз больше Земли, а средний радиус Земли составляет 6371 км. Определить гравитационное ускорение, которое передаёт Сатурн - спутнику Энцелад (14 место от планеты), он находится от него на расстоянии 237 378 км?

Дано:

$$r_3 = 237\,378 \text{ км}$$

$$M_C = 95,16 M_3$$

$$R_3 = 6371 \text{ км}$$

Решение:

$$g_C = g \frac{R_3}{r^2}; g = g_0 \frac{M}{R^2}$$

$$g_0 = 9,81 \text{ м/с}^2 - \text{ускорение свободного падения}$$

$$\text{на Земле; } g_C = g \frac{M}{r^2} = 9,81 \frac{95,16}{\left(\frac{237\,378}{6371}\right)^2} = 0,07 \text{ м/с}^2$$

Найти g_C - ?

Ответ: Гравитационное ускорение, которое сообщает Сатурн спутнику Энцеладу равно $0,07 \text{ м/с}^2$

2) Если горизонтальный параллакс равен $0,3''$, то на каком расстоянии от Земли находится Нептун?

Дано:

$$\pi_1 = 0,3''$$

$$D_0 = 1 \text{ а. е.}$$

$$\pi_0 = 8,8''$$

Решение:

Параллакс Солнца на расстоянии в 1 а. е. – равен $8,8''$.

Тогда применим формулы, для определения расстояния

до Солнца и до Нептуна, поделим их: $\frac{D_1}{D_0} = \frac{\pi_0}{\pi_1}$; $D_1 = \frac{D_0 \pi_0}{\pi_1}$

$$\text{Найти } D_1 - ? \quad D_1 = \frac{1 \text{ а. е.} \cdot 8,8''}{0,3''} = 29,3 \text{ а. е.}$$

Ответ: Нептун находится на расстоянии $29,3 \text{ а. е.}$ от Земли.

3) Во сколько раз Солнце больше Луны, если горизонтальные параллаксы равны $8,8''$ и $57''$ соответственно, а угловые диаметры одинаковы?

Дано:

$$\pi_0 = 8,8''$$

$$\pi_L = 57''$$

$$D_1 = D_2$$

Решение:

Из формул связи параллакса светила и его линейных и угловых размеров, и в результате сокращения

повторяющейся части получим: $\frac{d_1}{d_2} = \frac{57 \cdot 60}{8,8} = 389 \approx 400$

Найти $\frac{d_1}{d_2}$ - ?

Ответ: Солнце больше Луны почти в 400 раз.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Каков звёздный период Меркурия, если его синодический период равен $115,88$ дней?

2. Если звёздный период равен 12 земным годам, то какой же синодический период Юпитера?

3. Если афелийное расстояние около орбиты Урана $19,9 \text{ а. е.}$, а эксцентриситет равен $0,384$, вычислите большую полуось орбиты астероида 2050 Хирона?

4. Определите афелийное расстояние астероида Апофиса (99942), если его большая полуось равна $0,922 \text{ а. е.}$, а эксцентриситет составляет $0,191$?

5. Астероид Аполлон движется по эллипсу с эксцентриситетом $0,56$. Может ли он столкнуться с Землёй, если его период вращения вокруг Солнца $1,783$ года?

6. Период обращения вокруг Солнца астероида Селкет (136818) $-0,908$ года, есть ли вероятность его столкновения с Землей, если Селкет движется по эллипсу с эксцентриситетом $0,35$?

7. Во сколько раз вес астронавтов был меньше на Марсе, чем на Земле, если масса Марса в $0,107$ раз меньше массы Земли, а диаметр в $0,53$ раза меньше чем Земля?

8. Масса Урана в $14,54$ раза больше Земли, протом средний радиус Земли равен 6371 км , найти ускорение, которое передаёт Уран своему спутнику Оберону, который расположен от планеты на расстоянии $584\,000 \text{ км}$?

9. Вычислите, насколько астероид Икар может далеко удалиться от Солнца, если он проходит перигелий своей орбиты каждые 409 суток, приближаясь к Солнцу на расстояние $0,187 \text{ а. е.}$?

10. Какое из этих небесных тел очень далеко расположено от Солнца в точке афелия своей орбиты, если планета Сатурн, обращается вокруг Солнца за $29,5$ лет, а комета 55P Темпеля - Туттля - $32,92$ года?

Тема № 8: Решение задач на тему: закон Всемирного тяготения и задача двух тел

Закон Всемирного тяготения

Исаак Ньютон в 1682 году открыл свой знаменитый **закон Всемирного тяготения**. Его формулировка: сила всемирного тяготения прямо пропорциональна произведению масс тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

Формулу силы тяготения запишем в виде:

$$F = G \frac{Mm}{R^2} \quad (1)$$

F — сила тяготения [Н]

M — масса первого тела (часто планеты) [кг]

m — масса второго тела [кг]

R — расстояние между телами [м]

G — гравитационная постоянная

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$$

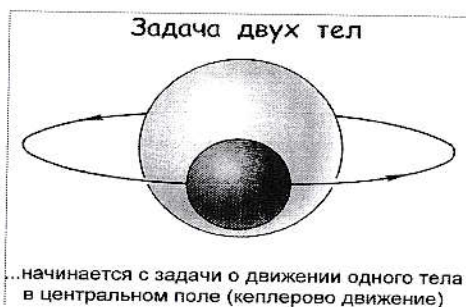


Рис. № 1. Задача двух тел

В **задачах двух тел** мы рассматриваем движение тела небольшой массы m относительно тела большей массы M , принимаемого за неподвижное и центральное тело (рис. № 1).

Линейная скорость v движущегося тела относительно центрального тела определяется интегралом энергии:

$$v^2 = \mu \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right) \quad (2)$$

где $\mu = G(M + m)$, r - радиус-вектор того же тела, a — является большой полуосью орбиты тела меньшей массы, G - гравитационная постоянная.

Энергия интеграла, чтобы тело меньшей массы, вращалось вокруг главного тела по круговой орбите радиусом $r = a$, оно имеет скорость,

$$v_k = \sqrt{\frac{\mu}{a}} = \sqrt{\frac{\mu}{r}} \quad (3)$$

которую назовём, круговой скоростью. Как средняя скорость движения тела, можно рассчитать по периоду обращения T и большой полуоси, и орбиты тела:

$$v_k = v_a = \frac{2\pi a}{T} \quad (4)$$

Если тело будет двигаться на расстоянии r от центрального тела, то будет иметь скорость:

$$v_n = v_k \sqrt{2} = \sqrt{\frac{2\mu}{r}} \quad (5)$$

то орбитой будет фигура парабола ($e=1$, $a=\infty$). Поэтому скорость v_n называется параболической скоростью.

Если $v > v_n$, то тело в движении пройдет мимо главного тела по фигуре гиперболе ($e > 1$).

В любой точке орбиты с радиус - вектором r скорость тела:

$$v = v_a \sqrt{\frac{2a}{r} - 1} \quad (6)$$

В перигентре, при $r=q=a(1e)$, спутник будет обладать большой скоростью:

$$v_q = v_a \sqrt{\frac{q}{a}} = v_a \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \quad (7)$$

а в апоцентре, при $r = Q = a(1 + e)$:

$$v_Q = v_a \sqrt{\frac{a}{Q}} = v_a \sqrt{\frac{1-e}{1+e}} \quad (8)$$

Скорость небесных тел будет выражаться в км/с, а расстояния могут быть выражены в а. е., километрах или радиусах главного тела. Поэтому в формулы (6), (7) и (8) нужно подставить значения расстояний в одних и тех же единицах измерения.

В поле тяготения Солнца, на любом от него расстоянии r , которое выражается в астрономических единицах, круговая скорость:

$$v_k = \frac{29,78}{\sqrt{r}} \approx \frac{29,8}{\sqrt{r}} \text{ [км/с]} \quad (9)$$

Круговая скорость определяется по формуле:

$$v_k = 631,3 \sqrt{\frac{M}{r}} \text{ [км/с]} \quad (10)$$

При измерении масс в массах Земли и расстояний в радиусах Земли круговая скорость определяется по формуле:

$$v_k = 7,91 \sqrt{\frac{M}{r}} \text{ [км/с]} \quad (11)$$

Средняя или круговая скорость v тела, которое обращается вокруг центрального тела по эллиптической орбите с большой полуосью a , можем вычислить по формулам (9), (10) и (11) подстановкой в них $r = a$.

Вторая космическая скорость определяется по формуле $\omega_n - \omega_k \sqrt{2}$:

$$v_k = \frac{\omega_k}{\sqrt{r}} \quad \text{и} \quad v_n = \frac{\omega_n}{\sqrt{r}} \quad (12)$$

где r вычислим от центра небесного объекта и выражается в его радиусах.

Образцы решения задач:

1) Определите массу Солнца, если Меркурий обращается вокруг Солнца на расстоянии 57,91 млн. км или 0,387 а. е. с периодом 1 год.

Дано:

$$T_3 = 1 \text{ год} = 3,156 \cdot 10^7 \text{ сек}$$

$$a = 0,387 \text{ а. е.} = 57,91 \cdot 10^9 \text{ м}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

Найти: $M_{\text{солн}} - ?$

Решение:

$$F_T = G \frac{mM}{R^2}; \quad \frac{mv^2}{a_3} = G \frac{M_{\text{солн}}}{a_3^2}$$

$$\frac{v^2}{a_3} = G \frac{M_c}{a_3^2} \quad v = \frac{2\pi a_3}{T}$$

$$M_c = \frac{v^2 a_3}{G}$$

$$M_c = \frac{(\frac{2\pi a_3}{T})^2 \cdot a_3}{G} = \frac{4\pi^2 a_3^3}{T^2 G}$$

$$M_c = \frac{4\pi^2 a_3^3}{T^2 G}$$

$$M_c = \frac{4 \cdot 3,14^2 (57,91 \cdot 10^9)^3}{6,67 \cdot 10^{-11} (3,156 \cdot 10^7)^2} = \frac{4 \cdot 12,56 \cdot 1,94 \cdot 10^5 \cdot 10^{27}}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 10^{15}} \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$$

Ответ: Масса Солнца равна $2 \cdot 10^{30}$ кг.

2) Определите первую космическую скорость Венеры?

Дано:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

$$M_n = 4,86 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

$$R_n = 6051,8 \text{ км}$$

Найти $v_1 - ?$

Решение:

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 4,86 \cdot 10^{24}}{6051,8 \cdot 10^3}} = 7327 \text{ м/с}$$

Ответ: Первая космическая скорость на Венере 7327 м/с.

3) Определите массу Земли, если известно, что орбита Луны – окружность, и орбитальная скорость Луны равна 1,02 км/с?

Дано:

$$v_L = 1,02 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$a_L = 3,84 \cdot 10^{10}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

Найти $M_3 - ?$

Решение:

$$M_3 = \frac{a_L \cdot v_L^2}{G} = \frac{3,84 \cdot 10^{10} (1,02 \cdot 10^3)^2}{6,67 \cdot 10^{-11}} = 6 \cdot 10^{27} \text{ г.}$$

Ответ: Масса Земли равна $5,9 \cdot 10^{24}$ кг.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Для каких небесных тел Солнечной системы применим закон Всемирного тяготения, и может выполняться с большой точностью?
2. Свет идёт от Земли к Луне за 1,33 секунды, от Солнца - 8,33 секунды. Чему равно расстояние до Луны и до Солнца в световых годах, и высчитайте сколько времени, свет идёт от Проксимы Центавры до Земли?
3. Вес космонавтов, на какой из планет земной группы будет наименьшим? Определите ускорения свободного падения на: Меркурии, Венере, Марсе?
4. Если масса Урана в 14,58 раз больше массы Земли, а средний радиус Земли принять равным 6371 км, то определите гравитационное ускорение, которое влияет Уран на спутник Миранда, спутник отстоит от планеты на расстоянии 129 900 км?
5. Определите ускорение свободного падения на Нептуне, если масса этой планеты – $1,0243 \cdot 10^{26}$ кг, а радиус – 24 764 км?
6. Как будет меняться гравитационное ускорение геостационарного спутника связи Экспресс-АТ, выведенного на орбиту в 2010 году, и расположенного в пределах от 630 км до 35 786 над земной поверхностью? Принять радиус Земли равным 6370 км.
7. Найти гравитационное ускорение двух спутников Сатурна Титана и Мимаса, обращающихся вокруг планеты на средних расстояниях - Титан в 20,3 радиуса Сатурна и Мимаса на расстоянии 198 км от Сатурна. Масса Сатурна равна 95,2, а радиус - 9 земного.
8. Масса Юпитера равна 317,8 земных, а его радиус 69 911 км. Определите ускорения свободного падения на Юпитере?
9. Чему равно ускорение свободного падения на высоте над поверхностью Земли, если оно равно четырём её радиусам?
10. Какого ускорение свободного падения на Сатурне?

Тема № 9: Решение задач на тему: Основные характеристики телескопов

Основные характеристики телескопа:

1. **Светосила телескопа** $A = \frac{D}{F}$ (1); F - фокусное расстояние объектива телескопа; D - диаметр объектива телескопа.

2. **Линейное увеличение** (для визуальных наблюдений небесных объектов) $W = \frac{F}{f}$ (2); F, f - фокусное расстояние окуляра и объектива. У телескопа окуляр – короткофокусный, объектив - обычно длиннофокусный.

3. **Оптическая мощь или проникающая сила**, определяет предельную звездную величину небесных объектов, видимых в телескоп в безлунную ночь при лучших атмосферных условиях. Наблюдение галактик, квазаров, нестационарных звезд и других объектов требует телескопов, в которые видны объекты 23-25^m при фотографировании, 18-21^m при получении спектров. Это очень слабые источники, видимые в лучшие телескопы.

Визуально $m_m = 2^m, 1 + 5 \lg D$ (3) зависит от диаметра D объектива.

Фотопластинка $m = 5 \lg D + k \lg t - 1^m$ (4)

k - 2, 1 - 3, 1 - зависит от чувствительности фотопластинки.

t - продолжительность экспозиции;

Для рефлектора $m_{\text{пред}} = 2,5 \lg \frac{D}{\beta} \sqrt{\frac{k t}{s}}$ (5)

D - диаметр зеркала объектива; β - диаметр изображения звезды;

k-квантовый выход, равный отношению зарегистрированных фотонов к числу фотонов, пришедших на приемник; S - яркость фона ночного неба; t - время экспозиции;

4. **Разрешающая способность** - составляет минимальное угловое расстояние двух небесных объектов на пределе видимости

$$\varphi = \frac{\lambda}{D} \text{ рад} = 206\,265'' \frac{\lambda}{D} \quad (6)$$

Атмосфера снижает разрешающую способность

$$\varphi = 1,22 \frac{\lambda}{D} \text{ рад} \quad (7)$$

При визуальных наблюдениях человеческий глаз наиболее чувствителен к излучению с $\lambda \approx 5500 \text{ \AA}$; $\varphi = \frac{140}{D}'' \quad (8)$

Образцы решения задач:

1) Найти линейное увеличение телескопа, если известно фокусное расстояние окуляра 0,5 мм, и его светосила равная 10, диаметр объектива 0,2 м?

Дано:

$$f = 0,5 \text{ мм} = 0,0005 \text{ м}$$

$$A = 10$$

$$D = 0,2 \text{ м}$$

Найти W - ?

Решение:

$$F = \frac{D}{A} = \frac{0,2 \text{ м}}{10} = 0,02$$

$$W = \frac{0,02}{0,0005} = 40$$

Ответ: W = 40

2) Определить светосилу телескопа, если диаметр объектива 14 см, а фокусное расстояние равно 7 см?

Дано:

$$D = 14 \text{ см} = 0,14 \text{ м}$$

$$F = 7 \text{ см} = 0,07 \text{ м}$$

Найти A - ?

Решение:

$$A = \frac{D}{F} = \frac{0,14 \text{ м}}{0,07 \text{ м}} = 2$$

Ответ: Светосила A = 2

3) ПЗС - матрица размером 520x520 пикселей, используется при наблюдениях на телескопе, с фокусным расстоянием 6 метров. Найдите размер одного пикселя, если на матрице получается изображение участка неба с угловыми размерами 3'x3'.

Дано:

$$\rho = 520 \times 520$$

$$F = 6 \text{ м}$$

Решение: Если 520 пикселей дают изображение длиной 3

минуты, то один пиксель $\frac{3'}{520} = 0,006''$

$$d = F \frac{\rho'}{3438'} = 6 \cdot \frac{0,006}{3438'} = 10^{-5} \text{ мм}$$

Найти d - ?

Ответ: Размер 1 пикселя ПЗС – матрицы d = 10⁻⁵ мм

Задачи для самостоятельного решения:

1. Какие увеличения можно получить с помощью телескопа, расположенного на Майданакской высокогорной обсерватории, в котором установлен объектив с фокусным расстоянием - 11,5 м и имеются окуляры с фокусными расстояниями 28, 10, 20 мм?

2. Найти также масштабы негатива, зная, что диаметр Венеры равен 6779 км.

И какой нужно применить окуляр, чтобы при наблюдениях в телескоп с фокусным расстоянием объектива 10,8 м Венера была видна размерами с Луну, угловой диаметр которой равен 32', и какой будет диаметр изображения планеты на негативе, полученном в фокусе телескопа? Угловой диаметр Венеры вблизи ее наибольшей элонгации равен 23''.

3. Студентам предложили возвести астрономическую обсерваторию, напишите 5 предложений, в каком месте можно её строить и какие должны быть условия, и где нельзя, и причины с этим связанные?

4. Какие размеры будет иметь в такой модели наша Галактика, если её реальный диаметр около 100 000 световых лет? Небесные тела, которые мы наблюдаем на небе невооружённым глазом, а астрономы изучают с помощью телескопов, находятся от Земли на разных расстояниях. Для того, чтобы студенты могли представить такие астрономические расстояния и масштабы Вселенной предположим: что планета Земля - это точка диаметром 1 мм. Тогда Солнце в этом масштабе будет иметь диаметр 11 см, а расстояние от Земли до него составит 12 м. Одна из близких к

Солнцу звёзд, Вега (α Лиры), в выбранном нами масштабе будет находиться от Земли - точки на расстоянии 20 000 км, а на самом деле, на расстоянии 27 световых лет. Звезда Денеб (α Лебедя), расстояние до которой, около 500 световых лет, окажется в нашей модели на орбите Луны.

5. При наблюдениях на телескопе - рефлекторе Кассегрена «Цейсс-600», с фокусным расстоянием $F=7,5$ м, используется ПЗС - матрица размером 1050x1200 пикселей. Найдите угловые размеры полученного участка изображения неба, если размер одного пикселя - 0,033 мм?

6. Найти увеличение телескопа, который имеет объектив с фокусным расстоянием 1800 м и 20 кратного увеличения окуляр?

7. Фокусное расстояние окуляра телескопа - рефлектора равно 40 мм, найдите увеличение этого телескопа, если зеркало этого телескопа имеет радиус кривизны 4 м?

8. Какое увеличение даёт рефрактор системы Галилея, имеющий длину 33 см, фокусное расстояние объектива равно 36 см?

9. Человеческий глаз различает звезды не более 6^m звёздной величины. Можно ли рассмотреть небесный объект 12^m звёздной величины в 14- кратный бинокль с объективом диаметром 80 мм?

10. Один телескоп содержит объектив с диаметром 40 см, а окуляр имеет фокусное расстояние 50 мм, другой телескоп имеет диаметр 100 см с окуляром 20 мм, определите увеличение обоих телескопов?

Тема № 10: Решение задач на тему: определение движений звёзд и их пространственных скоростей

Пространственная скорость v звезд определяется относительно Солнца (рис. №1) и вычисляется и по тангенциальной скорости v_t и по лучевой скорости v_r направленной вдоль луча r , соединяющего звезду с Солнцем.

$$v = \sqrt{v_r^2 + v_t^2} \quad (1)$$

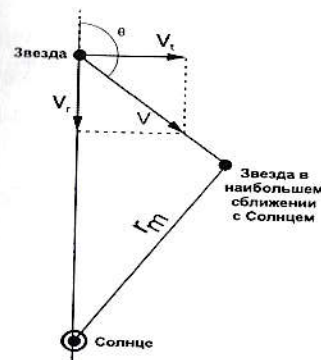


Рис. №1. Движение звезды относительно Солнца

Направление пространственной скорости v звезды объясняется двумя параметрами: лучом зрения наблюдателя и углом θ между ними:

$$\cos \theta = \frac{v_r}{v} \quad (2)$$

$$\text{и } \sin \theta = \frac{v_t}{v} \quad (3)$$

при $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$.

Смещение линии, выраженное в $\text{\AA}$ определяется по формуле:

$$\Delta \lambda = \lambda' - \lambda = \Delta x \cdot D \quad (4)$$

и, лучевая скорость определяется по формуле, которую применяют при решении такого рода задач:

$$v_r = c \frac{\Delta \lambda}{\lambda} \quad (5)$$

где $c = 3 \cdot 10^5$ км/с - скорость света - это известная величина.

Лучевая скорость в километрах в секунду относительно Солнца, определяется по формуле:

$$v_r = vr - 29,8 \cdot \sin(\lambda - \lambda_\odot) \cos \beta \quad (6)$$

$\lambda_\odot$ - эклиптическая долгота Солнца, в тот же день, можно получить спектрограмму звезды, где λ - эклиптическая долгота и β - эклиптическая широта звезды, число 29,8 - это круговая скорость Земли, которая измеряется в км/с.

Тангенциальная скорость v_t звезды в км/с можно определить по ее индивидуальному движению μ и годичному параллаксу π т. е. по дуге, на которую передвигается звезда в пространстве в течении одного года:

$$v_t = 4,74 \frac{\mu}{\pi} = 4,74 \mu \cdot r \quad (7)$$

причем μ и π выражены в секундах дуги ("), а расстояние r до звезды - в парсеках.

μ - можно определить по восхождению α и склонению δ звезды:

$$\mu = \sqrt{(15\mu_\alpha \cdot \cos \alpha)^2 + \mu_\delta^2} \quad (8)$$

причем каждая часть собственного движения звезды по прямому восхождению μ_α выражается в секундах времени (с), а часть по склонению μ_δ - в секундах дуги (").

Направление индивидуального движения μ определяется, так называемым позиционным углом ψ , который направлен к северному полюсу мира:

$$\cos \psi = \frac{\mu_\delta}{\mu} \quad \text{и} \quad \sin \psi = \frac{15\mu_\alpha \cos \alpha}{\mu} \quad (9)$$

причем ψ может меняться в пределах от 0° до 360° .

По (рис. №1), можно вычислить, промежуток времени Δt , в течении которого звезда будет проходить на расстоянии r_m от Солнца.

У галактик и квазаров и других далеких небесных объектах- собственное движение $\mu=0$, и поэтому у них можно определить лучевая скорость v_r , в данном случае, скорость Земли не учитывают и тогда получается равенство $v_r = v_t$. Примем $\Delta\lambda/\lambda = z$, и в результате для наиболее близких галактик, у которых $z \leq 0,1$,

$$v_r = cz \quad (10)$$

И их расстояние в мегапарсеках, можно записать согласно закону Хаббла:

$$r = \frac{v_r}{H} = \frac{v_r}{50} \quad (11)$$

где современное значение постоянной Хаббла $H=50$ км/с · Мпс.

Для далеких небесных объектов можно использовать релятивистскую формулу:

$$v_r = \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} c \quad (12)$$

$$r = \frac{c}{H} \cdot \frac{z}{1+z} \quad (13),$$

Согласно модели Эйнштейна — де Ситтера, формула имеет вид:

$$r = \frac{2c}{H} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+z}}\right) \quad (14)$$

Образцы решения задач:

1) Какова тангенциальная скорость звезды, если собственное движение звезды составляет $0,4''$ в год. Расстояние до неё 12 Пк?

Дано:

$$\mu = 0,4''$$

$$r = 12 \text{ Пк}$$

Найти v_t -?

Решение:

Запишем формулу для определения тангенциальной скорости: $v_t = 4,74 \mu r$

подставим в формулу числовые значения звезды:

$$v_t = 4,74 \cdot 0,4 \cdot 12 = 23 \text{ км/с}$$

Ответ: тангенциальная скорость звезды равна 23 км/с.

2) Лучевая скорость звезды составляет 500 км/с, её перемещение на фоне остальных звёзд составляет $0,2''$ в год. Расстояние до этой звезды 300 Пк. Вычислите полную скорость звезды?

Дано:

$$v_r = 500 \text{ км/с}$$

$$\mu = 0,2''$$

$$r = 300 \text{ Пк}$$

Найти v -?

Решение:

Вычислим тангенциальную скорость по формуле:

$$v_t = 4,74 \mu r = 4,74 \cdot 0,2 \cdot 300 = 284,4 \text{ км/с}$$

Найдём полную скорость звезды по формуле:

$$v = \sqrt{v_r^2 + v_t^2} = \sqrt{500^2 + 284,4^2} = 575,2 \text{ км/с}$$

Ответ: Полная скорость звезды составляет 575,2 км/с.

3) В спектре звезды смещение линии гелия $5377 \text{ \AA}$ составляет $0,4 \text{ \AA}$. Определить из этих данных лучевую скорость звезды?

Дано:

$$\lambda_0 = 5377 \text{ \AA}$$

$$\Delta\lambda = 0,4 \text{ \AA}$$

$$C = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

Решение:

Используем для решения задачи при определении лучевой скорости звезды на основании закона Доплера:

$$v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot c = \frac{0,4}{5377} \cdot 3 \cdot 10^8 = 22 \text{ км/с}$$

Найти v_r - ?

Ответ: Лучевая скорость звезды $v_r = 22 \text{ км/с}$.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Какова тангенциальная скорость звезды, если собственное движение звезды составляет $0,4''$ в год, расстояние до неё 15 Пк ?
2. Если известна тангенциальная скорость звезды равная $8,2 \text{ км/с}$, и лучевая скорость этой звезды равная 25 км/с , то определить пространственную скорость звезды?
3. Лучевая скорость звезды составляет 18 км/с , её перемещение на фоне далёких звёзд составляет $0,015''$ в год. Вычислить полную скорость звезды, если известно, что расстояние до неё - 40 св.лет ?
4. Тангенциальная скорость звезды 12 км/с , расстояние до неё $0,01''$ в год. Вычислить полную скорость звезды, если известно, что расстояние до этой звезды 50 св.лет ?
5. Звезда, находясь на расстоянии 20 Пк , имеет тангенциальную скорость 40 км/с . Сколько лет понадобится звезде, чтобы переместиться по небу на угловой диаметр Луны равный $0,7^\circ$?
6. Вычислите тангенциальную скорость звезды, если расстояние до неё $92,8 \text{ свет. лет}$, а лучевая скорость равна $3,7 \text{ км/с}$?
7. В спектре блазара, блеск которого на фото $15^m,5$ и угловой диаметр $0'',01$, эмиссионная линия водорода H_γ с длиной волны $4860 \text{ \AA}$ занимает положение, соответствующее длине волны $5420 \text{ \AA}$. Найти лучевую скорость и расстояние до этого блазара?

8. Линия водорода с длиной волны $323,00 \text{ нм}$ на спектрограмме звезды оказалась равной $422,14 \text{ нм}$. Решите, с какой скоростью движется эта звезда - к нам или от нас?

9. Годичный параллакс звезды Альтаир равен $0,198''$, а собственное движение $0,658''$, лучевая скорость - $26,3 \text{ км/с}$. Найти тангенциальную и пространственную скорость звезды?

10. Определить тангенциальную скорость звезды Поллукс, если расстояние до неё $33,7 \text{ св.лет}$, а лучевая скорость равна $3,391 \text{ км/с}$?

Тема № 11: Решение задач на тему: Законы движения ракеты, формула Циолковского; силы, действующие на космический аппарат во время полета; гравитационное поле и движение в нем ракеты

Реактивным называют движение, при котором тело изменяет свою скорость, отбрасывая свою часть.

Формула Циолковского определяет скорость, которую развивает ракета под воздействием тяги ракетного двигателя, неизменной по направлению, при отсутствии всех других сил. Скорость называется характеристической:

$$v = I * \ln \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (1)$$

где:

v - конечная скорость летательного аппарата, которая для случая маневра в космосе при орбитальных манёврах и межпланетных перелетах часто обозначается Δv , называется характеристической скоростью.

I - удельный импульс ракетного двигателя (отношение тяги двигателя к секунднему расходу массы топлива);

M_1 - начальная масса летательного аппарата (полезная нагрузка + конструкция ракеты + топливо);

M_2 - конечная масса летательного аппарата (полезная нагрузка + конструкция ракеты).

Ракетное движение и его законы представляют собой важные основы теории космического полета.

Сила, которая приводит ракету в движение, называется **силой тяги**:

$$F = \omega q \quad (2)$$

Здесь буквой F обозначена величина силы тяги, ω скорость истечения отбрасываемой массы по отношению к ракете, q - величина массы, расходуемая в единицу времени (секундный расход массы). Если в формуле (2) скорость истечения измерять в м/с, а секундный расход массы в кг/с, то будет получена величина силы тяги, измеряемая в ньютонах N .

Формула (2) верна в том случае, если отбрасываемое вещество находится в твердом или жидком состоянии. Из ракеты реально выбрасывается струя газа. Стремясь расшириться, газ оказывает на ракету воздействие, которое учитывается в формуле для силы тяги.

$$F = \omega q + S (p_r - p_a) \quad (3)$$

Здесь p_r давление газа на двигателе, p_a внешнее атмосферное давление, S площадь среза сопла. Из формулы (3) видно, что по мере подъема ракеты тяга двигателя возрастает, так как давление p_r падает, и вне атмосферы достигает самого максимума.

Если допустим, что скорость истечения вещества ω из ракеты неизменна, то ракета приобретет скорость v выражающуюся формулой Циолковского:

$$v = \omega \ln \frac{m_0}{m_k} = 2,30259 \omega \lg \frac{m_0}{m_k} \quad (4)$$

где $\ln$ обозначает натуральный, $\lg$ десятичный логарифмы, или

$$\frac{m_0}{m_k} = e^{\frac{v}{\omega}} \quad (5)$$

Где выражение (5) основание натуральных логарифмов.

Число Циолковского есть отношение массы рабочего запаса топлива M_T к конечной массе M_k ракеты или её ступени. **Число Циолковского** связано с относительной конечной массой ракеты и равна:

$$\mu_k \frac{M_k}{M_0} \text{ формулой: } \frac{M_T}{M_k} = -1 + \frac{1}{\mu_k} \quad (6)$$

Если секундный расход топлива мал, то на израсходование всего рабочего тела потребуется больше времени.

Определяется по формуле: отношение суммарной массы конструкции и рабочего тела к массе конструкции называется конструктивной характеристикой и обозначается буквой S :

$$S = \frac{m_0 - m_n}{m_k - m_n} \quad (7)$$

Назовём относительной начальной массой величину:

$$p = \frac{m_0}{m_n} \quad (8)$$

Обратная ей величина будет называться относительной полезной нагрузкой или коэффициентом полезной нагрузки.

Зная число z , сможем вычислить относительную начальную массу или коэффициент полезной нагрузки.

Важной из природных сил, действующих на ракету, является сила Всемирного тяготения. Силы тяготения между материальными телами подчиняются открытому Ньютоном закону всемирного тяготения.

Этот закон формулируется: любые две материальные точки притягиваются друг к другу с силами, прямо пропорциональными массам точек и обратно пропорциональными квадрату расстояния между ними:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (9)$$

Здесь F - величина сил притяжения, m_1 и m_2 массы притягивающихся материальных точек, r - расстояние между ними.

Образцы решения задач:

1) Определить полную массу космического корабля и массу его корпуса, если известно, что он двигался с первой космической скоростью, масса груза $M_{\text{пол}} = 0,8$ т, скорость вылета газа из сопла $u = 4$ км/с, конструктивная характеристика $S = 9$.

Дано:

Решение:

$$v_1 = 7,9 \text{ км/с}$$

$$M_{\text{пол}} = 0,8 \text{ т}$$

$$u = 4 \text{ км/с}$$

$$S = 9$$

Используем при решении задачи формулу Циолковского:
 $v = u \ln z$; $z = e^2 = 7,29$; относительная масса равна:

$$p = z \frac{s-1}{s-z} = 7,29 \frac{9-1}{9-7,29} = 34,3 \text{ т}$$

Найдём полную массу ракеты по формуле: $M_0 = M_{\text{пол}} \cdot p$

Найти M_0 -? $M_0 = 0,8 \text{ т} \cdot 34,3 = 27,44 \text{ т}$

Найдём массу корпуса космического корабля без груза: $27,44 - 0,8 = 27,44 \text{ т}$.

Ответ: Масса корпуса космического корабля без груза $26,64$ т, а полная масса космического корабля составляет $27,44$ т.

2) Определить характеристическую скорость ракеты и время её разгона, если её масса 80 т, имеет двигатели с силой тяги $8,7 \cdot 10^5$ Н, при скорости выхода продуктов сгорания 4 км/с, масса топлива составляет 70 т.

Дано:

$$M_{\text{пол}} = 80 \text{ т}$$

$$F_T = 8,7 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

$$u = 4 \text{ км/с}$$

$$M_T = 70 \text{ т}$$

Найти v - ?

Решение:

Определяем по формуле Циолковского скорость ракеты:
 $v = 2,3 u \lg \frac{M_{\text{пол}}}{M_T} = 2,3 \cdot 4 \text{ км/с} \lg \frac{80 \text{ т}}{10 \text{ т}} = 9,2 \cdot \lg 8 = 8,28 \text{ км/с}$

Определим конечную массу ракеты: $M_k = M_{\text{пол}} - M_T$
 $M_k = 80 \text{ т} - 70 \text{ т} = 10 \text{ т}$

Определим секундный расход массы: $m_c = \frac{F_T}{u}$; $m_c = \frac{8,7 \cdot 10^5}{4000} =$

$\frac{870}{4} = 217,5 \text{ кг/с}$; Время разгона ракеты мы вычислим по формуле:

$$t = \frac{M_T}{m_c} = \frac{70 \ 000 \text{ кг}}{217,5 \text{ кг/с}} = 322 \text{ с.}$$

Ответ: Характеристическая скорость ракеты составляет $8,28$ км/с; время разгона ракеты составляет 322 с.

3) Зная радиус Земли $R_z = 6370$ км и период обращения и большую полуось орбиты Луны $t = 27,3$ суток и $384,4$ тыс. км, определите период обращение искусственного спутника Земли NTS-3, запущенный в 2022 году, если высокая точка его орбиты 6000 км, над поверхностью Земли, а низкая - 300 км?

Дано:

$$r_q = 6000 \text{ км}$$

$$r_Q = 300 \text{ км}$$

$$R_z = 6370 \text{ км}$$

$$T = 27,3 \text{ сут}$$

Найти $T_{\text{сп}}$ -?

Решение:

Для данного спутника найдем перигейное расстояние

$$q = 300 + 6370 \text{ км} = 6670 \text{ км}$$

афелийное расстояние: $Q = 6000 + 6370 = 12 \ 370 \text{ км}$

Определим длину большой полуоси: $a_L = 384,4$ тыс. км

$$a = \frac{q+Q}{2} = \frac{6670+12370}{2} = 9520 \text{ км. Применим 3}$$

закон Кеплера:

$$\frac{T_{\text{сп}}^2}{T_L^2} = \frac{a_{\text{сп}}^3}{a_L^3}; T_{\text{сп}} = T_L \sqrt{\frac{a_{\text{сп}}^3}{a_L^3}} = 27,3 \sqrt{\frac{9,52^3}{384,4^3}} = 27,3 \sqrt{0,025} = 5,46 \text{ сут}$$

$$T_{\text{сп}} = 5,46 \cdot 24 = 131,04 \text{ часа}$$

Ответ: период обращение спутника NTS - 3 составит $2,4$ часа.

Задачи для самостоятельного решения

1. Вес корабля «Союз МС» на Земле равен 7220 кг, вычислить вес космического корабля на поверхности Марса?
2. Определить период обращения, перигейное расстояние, скорость в перигелии и апогеи искусственного спутника Земли, скорость запуска, высота полёта которого меняется в пределах: 1) от 300 до 500 км; 2) от 400 до 500 км?

3. Вычислить период обращения и большую полуось орбиты искусственного спутника вокруг: 1) Марса; 2) Юпитера; обращающегося со средней скоростью в 30 км/с?

4. Вычислить минимальную скорость движения космического аппарата, который летит к Луне, и скорость его спуска на лунную поверхность, если скорость запуска с Земли была равна 7,91 км/с?

5. Вычислить эксцентриситет и время полёта космического корабля и большую полуось орбиты от Земли до: 1) Земли; 2) Сатурна?

6. Характеристическая скорость ракеты $v=7,9$ км/с, масса полезного груза $M_{\text{пол}}=0,8$ т, скорость истечения газов из выходного сопла равна 4 км/с, конструктивная характеристика ракеты $S=6$, найти для данной ракеты полную массу, массу конструкции и массу топлива?

7. В ракете массой 90 т, установлены двигатели, развивающие силу тяги $8 \cdot 10^5$ Н, при выбросе продуктов сгорания со скоростью 5 км/с. Масса топлива ракеты - 70 т. Определить характеристическую скорость ракеты и время её разгона?

8. С поверхности Земли запустили ракету со скоростью 7,6 км/с. Определить максимальную высоту поднятия ракеты, если радиус Земли считать равным 6370 км?

9. Определить избыточную скорость ракеты, если с Земли ей сообщили скорость 14 км/с, без учёта влияния земной атмосферы?

10. Вычислите орбитальную скорость Марса и скорость запуска космического корабля с Марса, если среднее гелиоцентрическое расстояние от Земли до Марса (минимальное) 55,76 млн. км, вторая космическая скорость на Марсе равна 5 км/с, среднее суточное движение Марса $24^{\circ} 39' 24'' \approx 24^{\circ} 39'$?

Тема № 12: Решение задач на тему: невесомость, вылет с орбиты и посадка на Землю космического корабля, межпланетный полет

При решении задач по астрономии, выбор системы единиц зависит от того чтобы однородные величины были выражены в одинаковых единицах измерения.

$$\frac{T^2(M+m)}{a^3} = \frac{4\pi^2}{a} \quad (1)$$

Применение к решению задач по космонавтике, третий закон Кеплера примет вид:

$$T^2(M+m) = 132,7 \cdot 10^{-16} a^3 \quad (2)$$

Искусственные небесные тела

При запуске искусственных спутников им сообщают начальную скорость V_n зависящую от орбиты. Скорость изначальная будет сообщаться космическим двигателем на определённой высоте h , над главным телом, значит от его центрального положения на определённом расстоянии, выражаемое формулой:

$$r = R + h_n \quad (3)$$

где R - радиус главного тела. При запуске вокруг Земли $R = 6371$ км ~ 6370 км, что следует иметь в виду при решении задач по этой теме.

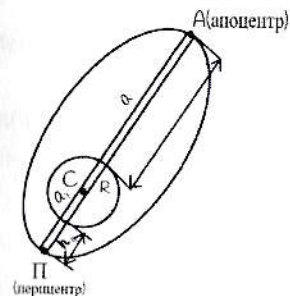


Рис. № 1. Эллиптическая орбита искусственного спутника

$$a = \frac{q+Q}{2} = R + \frac{h_q + h_Q}{2} \quad (4)$$

Значит ее перицентр можно рассчитать по формуле:

$$q = R + h_q \quad (5)$$

А апоцентр по другой формуле:

$$Q = R + h_Q \quad (6)$$

где h_q — наименьшая высота и h_Q — наибольшая высота искусственного спутника над поверхностью тела. Для искусственных спутников и орбитальных кораблей Земли h_q — высота перигея, h_Q — высота апогея, q — перигейное расстояние и Q — апогейное расстояние.

Скорость искусственных небесных тел измеряется в км/с.

Периоды обращения искусственных спутников измеряются в минутах, а их расстояния в километрах, и третий закон Кеплера можно рассчитать по формуле:

$$T^2 = 275,2 \cdot 10^{-10} a \sqrt{\frac{a^3}{M}} \quad (7)$$

$$T = 16,58 \cdot 10^{-5} a \sqrt{\frac{a}{M}} \quad (8)$$

$$a = 331,2 \sqrt[3]{MT^2} \quad (9)$$

где M — масса центрального тела, которую можно выразить в массах Земли.

По обращению искусственного спутника можно измерить массу главного тела.

Время полета искусственных спутников над полуосью главного тела, находящимся под перицентром орбиты, вычисляем по формуле:

$$t = \frac{(1-e)^2 \cdot (3+e)^2}{18\sqrt{1-e^2}} \cdot T \quad (10)$$

Где T — период обращения спутника и e — эксцентриситет его орбиты.

Над противоположным полюсом искусственный спутник Земли пролетает за интервал времени:

$$\tau = T - t \quad (11)$$

Можно проводить расчеты по большим полуосям a_1 — планеты запуска и a_2 — планеты сближения, которые можно представить в а.е., но не учитывая наклонения и эллиптического вида планетных орбит.

Если осуществить полёт к внешней планете, как показано на рисунке (рис. № 2) запуск космической ракеты производится на ее перигелии:

$$q = a_1 \quad (12)$$

расстояние в афелии космического аппарата:

$$Q = a_2 \quad (13)$$

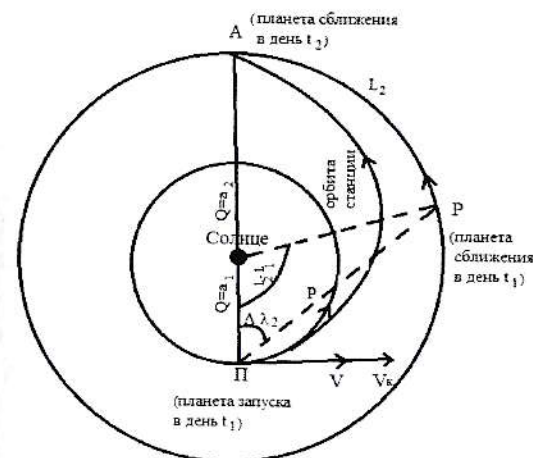


Рис. № 2. Простая орбита межпланетного космического спутника

Если космическая ракета направляется к нижней планете $q = a_2$ и большая полуось орбиты межпланетного космического аппарата продолжительность полета, выраженная в годах:

$$\Delta t = \frac{T}{2} = \frac{a\sqrt{a}}{2} \quad (14)$$

где a - в а. е. Если это нужно, то Δt переводится в сутки.

При запуске к верхней планете изначальная скорость $v_n = v_q$, а при запуске к внутренней планете $v_n = v_q$ причем в эту скорость v_n , входит орбитальная скорость v_1 , планеты запуска. Значит, чтобы межпланетный космический корабль вышел на расчетную орбиту, то необходимо сообщить ему еще скорость:

$$v_d = v_n - v_1 \quad (15)$$

Чтобы покинуть планету запуска, космический корабль должен еще преодолеть ее притяжение, также нужно сообщить ещё кинетическую энергию $\frac{mv_n^2}{2}$ (16), где m - масса ракеты и w_n - вторая космическая скорость на поверхности этой планеты. Поэтому скорость запуска v_n космического аппарата с планеты, которую можно назвать - топоцентрической скоростью, вычислим по формуле:

$$\frac{mv_n^2}{2} = \frac{mv_A^2}{2} = \frac{mw_n^2}{2} \quad (17)$$

$$v_n = \sqrt{v_A^2 + w_n^2} \quad (18)$$

У планеты сближения с сидерическим периодом обращения T_2 , среднее суточное движение:

$$\omega_2 = \frac{360^\circ}{T_2} \quad (19)$$

и выраженную по формуле (14) время полета ракеты Δt планета должна прийти в местоположение А, пролетая по своей орбите расстояние:

$$L_2 = \omega_2 \Delta t = \frac{360^\circ}{T_2} \Delta t \quad (20)$$

Значит, в день t_1 , старта межпланетной ракеты разность гелиоцентрической долготы планеты сближения (l_2) и планеты запуска (l_1) должна быть определена по формуле:

$$l_2 - l_1 = 180^\circ - L_2 = 180^\circ - \omega_2 \Delta t \quad (21)$$

В определённый день расстояние между планетами можно вычислить по формуле:

$$\rho = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 - 2a_1a_2 \cos(l_2 - l_1)} \quad (22)$$

а конфигурация $\Delta \lambda_2$, планеты сближения вычисляется по формуле:

$$\sin \Delta \lambda_2 = \frac{a_2}{\rho} \sin(l_2 - l_1) \quad (23)$$

Невесомость - это состояние тела, в котором отсутствует сила взаимодействия тела с опорой, возникающая из-за гравитационного притяжения или действием других сил, и можно применить формулу:

$$p = m(g - a) \quad (24)$$

m - масса тела, кг

P - модуль веса тела, Н

g - модуль ускорения свободного падения, м/с²

a - модуль ускорения тела, м/с²

Образцы решения задач:

1) Рассчитайте время полёта космического корабля до полуэллиптической орбиты Юпитера?

Дано:

$a_0 = 5,2$ а.е.

$a_3 = 1$ а.е.

$T_3 = 1$ год

Решение:

$t = \frac{r}{2}$; a - обозначение большей оси Юпитера и Земли

Применим 3 закон Кеплера $a = \frac{a_0 + a_3}{2} = \frac{5,2 + 1}{2} = 3,1$ а. е.

Рассчитаем время полёта по формуле:

$$\text{Найти } t - ? \quad t = \frac{T_3}{2} \cdot \sqrt{\frac{a^3}{a_3^3}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{3,1^3}{1}} = 2,73 \text{ года} = 996 \text{ суток}$$

Ответ: Время полёта космического корабля $t = 2,73$ года.

2) Определить с какой возможной скоростью тело коснётся поверхности Марса и ускорение свободного падения, если тело падает с высоты 200 м в течение 10 с?

Дано:	Решение:
$h_M = 200 \text{ м}$	$h = \frac{gt^2}{2}; g = \frac{2h}{t^2} = \frac{2 \cdot 200}{10^2} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
$t = 10 \text{ с}$	$v = gt; v = \frac{2h}{t} = \frac{2 \cdot 200}{10} = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Найти v - ? g_M - ?

Ответ: Скорость тела, при касании с поверхностью Марса будет равна $v = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; ускорение свободного падения на Марсе будет $g = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

3) Масса Венеры равна 0,815, а её радиус - 6051,8 км. Какую скорость и на каком расстоянии от Венеры нужно сообщить ракете, чтобы она стала искусственным спутником и обращалась вокруг нее с периодом $2^{\text{ч}}40^{\text{м}}$ по эллиптической орбите с определённым эксцентриситетом 0,0068?

Дано:	Решение:
$M_V = 0,815 M_\oplus$	У орбиты искусственного спутника большую полуось найдем по формуле: $a = 331,2 \sqrt[3]{MT^2} = 331,2 \sqrt[3]{0,815 \cdot 160^2} = 9117 \text{ км}$ и расстояние апоария вычислим по формуле: $Q = a(1+e) = 9117 \cdot 1,0068 = 9179 \text{ км}$ определим по формуле: $h_Q = Q - R$ максимальное расстояние от поверхности планеты. $h_Q = 9179 - 6051,8 = 3127,2 \text{ км}$.
$R_V = 6051,8 \text{ км}$	
$T_{\text{ка}} = 2^{\text{ч}}40^{\text{м}} = 160^{\text{м}}$	
$e = 0,0068$	

Найти v_Q ? h_Q ? - ?

$v_a = 631,3 \sqrt{\frac{M}{a}} = 631,3 \sqrt{\frac{0,815}{9117}} = 5,9 \text{ км/с}$; получим по формуле: $v_Q = v_a$

$\sqrt{\frac{1-e}{1+e}} = 5,9 \sqrt{\frac{1-0,0068}{1+0,0068}} = 5,9 \sqrt{\frac{0,9932}{1,0068}} = 5,9 \sqrt{0,99} = 5,8 \text{ км/с}$.

Ответ: Ареоцентрическая скорость космического аппарата $v_Q = 5,8 \text{ км/с}$, минимальное расстояние от поверхности Венеры, чтобы космический аппарат стал искусственным спутником планеты $h_Q = 3127,2 \text{ км}$.

4) Определить физические характеристики движения спутника, если с пусковой площадью компании Space X в США с помощью ракеты носителя Falcon-9, 13 января 2022 был запущен искусственный спутник "Сич-2-30", предназначенный для зондирования Земли (ДЗЗ) от 558 до 1730 км над земной поверхностью?

Дано:	Решение:
$h_q = 558 \text{ км}$	Найдем большую полуось орбиты спутника: $a = R + \frac{h_q + h_Q}{2}$ $a = 6730 + \frac{558 + 1730}{2} = 6730 + 1423 = 7793 \text{ км}$ $q = R + h_q = 6730 + 558 = 6928 \text{ км}$ $Q = R + h_Q = 6730 + 1730 = 8100 \text{ км}$
$h_Q = 1730 \text{ км}$	
$R_\oplus = 6730 \text{ км}$	
$M = 1 \text{ масса Земли}$	

Найти a - ? q, Q, e - ? ΔT - ?

эксцентриситет орбиты спутника найдем по формуле:

$e = 1 - \frac{q}{a} = 1 - \frac{6928}{7793} = 1 - 0,8 = 0,11$

Период обращения спутника найдем по формуле:

$T = 16,58 \cdot 10^{-5} a \sqrt{\frac{a}{M}} = 16,58 \cdot 10^{-5} \cdot 7793 \cdot \sqrt{7793} = 1137,78 \text{ суток}$

$v_a = 631,3 \sqrt{\frac{M}{a}} = \frac{631,3}{\sqrt{7793}} = 7,2 \text{ км/с}$; скорость в перигее:

$v_Q = v_a \sqrt{\frac{Q}{q}} = \sqrt{\frac{8100}{6928}} = \sqrt{1,169} = 1,08 \text{ км/с}$

в течении $\Delta T = T - t = 1137,8 - 45 = 102,8 \text{ с}$

Ответ: $a = 7793 \text{ км}$; $q = 6928 \text{ км}$; $Q = 8100 \text{ км}$; $e = 0,11$; $\Delta T = 102,8 \text{ с}$.

Задачи для самостоятельного решения

1. Сколько времени понадобится лететь от Земли до Венеры в межпланетном корабле, который осуществляет движение по орбите, перигейное расстояние, которого составляет 1 а.е., расстояние Земли до Солнца, а афелийное расстояние Венеры до Солнца $Q = 0,73$ а.е?
2. Известно движение спутника Деймоса, для которого большая полуось орбиты $a = 23\,460$ км, а время вращения $t = 1,26$ суток, вычислить массу Марса?
3. Какую начальную скорость нужно сообщить ракетному межпланетному кораблю, чтобы он мог улететь с поверхности Меркурия на другие планеты?
4. Сколько времени должны провести астронавты на Марсе, после посадки на него, прежде чем отправиться в обратный путь на Землю, учитывая, что эти перелёты происходят по полуэллиптическим орбитам?
5. Вычислить перигейное и афелийное расстояние планет-гигантов Юпитера и Урана, если их средние расстояния от Солнца равны соответственно 5,2 а.е. и 19,19 а.е., а эксцентриситеты - 0,0488 и 0,044 соответственно?
6. Во сколько раз уменьшится сила земного притяжения, если ракета удаляется от поверхности Земли на расстояние равное четырём радиусам Земли?
7. Каким будет ускорение свободного падения на поверхности Венеры, масса которой 0,814 массы Земли, а радиус 6050 км?
8. Ракета начала двигаться с ускорением вниз 100 м/с^2 . Каков будет вес космонавта с массой 75 кг, находящегося в ракете?
9. Каким будет ускорение свободного падения на высоте равной диаметру Земли?
10. Какое будет ускорение свободного падения на Юпитере, если его масса в 317,8 раз больше Земли, а радиус 69 911 км?

Тема № 13: Решение задач на тему: Определение расстояний до звёзд

Расстояния к ближайшим звездам определяют с помощью измерения их **годового параллакса**. Наблюдая одну и ту же звезду с интервалом в полгода, определяют смещение звезды (его называют параллаксом) на фоне далеких «неподвижных» звезд. Далее действуют так же, как в случае измерения расстояний методом горизонтального параллакса.

Это расстояние в астрономии называется астрономической единицей. Астрономическая единица (а.е.) = $149\,597\,870,7$ км.

Годичный параллакс π - угол, под которым со звезды было бы видно большую полуось земной орбиты. Расстояние до звезды можно вычислить по формуле:

$$r = \frac{a}{\sin \pi} \quad (1)$$

Годовые параллаксы близких к нам звезд очень малы это десятые доли секунды дуги. Астрономические расстояния очень большие, и астрономы, к астрономической единице (а.е.), ввели новые меры расстояний – парсек (пк) и световой год (св. год) $1 \text{ пак} = 206265 \text{ а.е.} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ м.}$

Световой год равен расстоянию, которое свет преодолевает за один год. $1 \text{ св. год} = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м.}$ $1 \text{ св. год} \approx 63240 \text{ а.е.} \approx 0,3066 \text{ пак.}$ Формулу, которая будет представлять расстояние до звезды в парсеках, можем записать в таком виде:

$$r = \frac{1}{\pi r} \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что парсек – это такое расстояние, с которого большая полуось земной орбиты видна под углом $1''$.

Метод тригонометрических параллаксов. Расстояния до звёзд намного больше их диаметров, поэтому звёзды можно наблюдать лишь как точечные объекты. На протяжении десятков и сотен лет их движение относительно Солнца с можно рассматривать как равномерное и прямолинейное, по кругу радиусом 1 а.е. с периодом $T=1$ год. Мы можем наблюдать два движения - равномерное прямолинейное движение за счёт собственного движения и движение по кругу в плоскости, параллельной плоскости эклиптики.

Проецируя движение звезды на плоскость, к небесной сфере в точке, являющейся проекцией положения звезды, получим движение по эллипсу, большая ось которого равна a'' , а малая - $b'' = a'' \sin \beta_0$ (здесь β_0 - эклиптическая широта звезды), и прямолинейное движение центра эллипса. Можно производить вычисления по нижеперечисленным формулам:

$$\lambda - \lambda_0 = \mu_\lambda t + \frac{a}{r} \sin \frac{2\pi}{T} t \quad (3)$$

$$\beta - \beta_0 = \mu_\beta t + \frac{a}{r} \sin \beta_0 \cos \frac{2\pi}{T} t \quad (4)$$

Здесь r - расстояние до звезды, $\frac{2\pi}{T}$ - угловая скорость движения Земли по орбите вокруг Солнца, μ - соответствующая компонента движения, выраженного в радианах, λ_0 и β_0 - эклиптические координаты центра эллипса.

Выражение $\frac{a}{r}$ есть синус угла, под которым со звезды виден радиус земной орбиты. Этот угол, выраженный в секундах дуги, называется **годовым параллаксом звезды**, т. е.:

$$\pi = \frac{a}{r} \quad (5)$$

Если расстояние выражено в астрономических единицах, то применим формулу: $r = 206265/\pi$ (6) если же за единицу расстояния взять 206265 а.е., то имеем $r = \frac{1}{\pi}$ такая единица

измерения расстояния называется **парсек**, т.е. это расстояние, с которого радиус земной орбиты виден под углом в одну угловую секунду. Умножив число секунд в радиане на величину $\pi = \frac{a}{r}$ астрономической единицы в километрах, получим, что 1 парсек равен приблизительно $3,1 \cdot 10^{13}$ км.

Образцы решения задач

1) Предположим, что отправлен радиосигнал к далёкой галактике М33. Сколько по времени можно ждать ответа на радиограмму, отправленной из галактики М33 на Землю, если расстояние до этой галактики составляет 850КПк?

Дано:

$$r = 850 \text{ КПк} = 850 \cdot 1000 \text{ Пк}$$

Решение:

$$t = \frac{2r}{c} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 10^{13} \text{ км}}{3 \cdot 10^5 \frac{\text{км}}{\text{с}}} = 2 \cdot 10^{15} \text{ с} = 6,5 \cdot 10^7$$

Найти t -?

лет

Ответ: Ответ придёт через 65 млн. лет

2) Параллакс звезды Спика 0,0125". Определите расстояние до звезды?

Дано:

$$\pi = 0,0125''$$

Решение:

Формула для определения расстояния до звезды:

Найти r -?

$$r = \frac{1}{\pi}; \quad r = \frac{1}{0,0125''} = 80 \text{ Пк, переведем в св. года}$$

$$80 \cdot 3,26 = 260,8 \text{ св.лет}$$

Ответ: расстояние до звезды Спика 260,8 св.лет.

3) Одна из самых близких к нам галактик, похожа на Млечный путь размерами и формой это - Андромеда. Её нахождение от нас приблизительно 2 млн. световых лет. Чтобы визуальное представить, насколько «близко», или «далеко» от нас находится

эта галактика, подсчитать, сколько галактик поместится в ряд между галактикой Млечный путь и Андромедой?

Решение: чтобы решить эту задачу, разделим 2 млн. световых лет на 3,26 св.лет, т. к. 1 Пк = 3,26 св.лет.

$$\frac{2\,000\,000 \text{ св.лет}}{3,26 \text{ св.лет}} = 613\,500 \text{ Пк.}$$

Ответ: можно поместить в ряд 6 галактик подобных галактикам: Млечный путь и Андромедой.

Задачи для самостоятельного решения

1. Определить параллакс звезды Антарес, если расстояние до него в световых годах будет 619,7 св. лет?
2. Параллакс звезды Сириус равен 0,375". Определите расстояние до звезды?
3. В созвездии Треугольника, в спиральной галактики можно наблюдать цефеиды с периодом 12 дней, при том, что их видимая звёздная величина составит 20^m. Каково расстояние до спиральной галактики, если абсолютная звёздная величина цефеиды равна $M = -4^m$?
4. Известна видимая звёздная величина звезды и она равна + 8^m,14 и светимость звезды $E=1,08$, вычислите расстояние до этой звезды?
5. Известно расстояние до звезды Бетельгейзе $d=642,5$ св.лет, а видимая звёздная величина $m=0,6^m$, определить светимость звезды?
6. Галактика NGC1233 в созвездии Персея, находится на расстоянии от Солнца 61,8 МПк, имеет видимый угловой диаметр 1,80'. Сравнить её размеры с размерами нашей Галактики, если размеры нашей Галактики принять за 10^5 Пк?
7. Один из ближайших к нам квазаров, различим, как звезда 13 звёздной величины, имеет красное смещение 0,16. Определите расстояние до квазара?

8. Во сколько раз видимая яркость Солнца больше видимой яркости самой слабой из наблюдаемых звёзд в телескоп, если видимая звёздная величина Солнца -26^m,8, а видимая звёздная величина звезды +4^m,4?

9. Определить параллакс до звезды Хадар (β Центавра), если расстояние до неё 400 световых лет?

10. Определите расстояние до звезды Денеб, если её параллакс равен 0,005"?

Тема № 14: Решение задач на тему: Определение светимости и температуры звёзд

Звёзды обладают определённой светимостью, которую можно вычислить по их абсолютной звёздной величине, которая также имеет связь с видимой звёздной величиной и определяется по формулам:

$$M = m + 5 + 5 \lg \pi \quad (1)$$

и

$$M = m + 5 - 5 \lg r \quad (2)$$

Где π - годичный параллакс звезды, выраженный в секундах дуги (") и r - расстояние звезды в парсеках. В формулах (1,2) абсолютная звездная величина M принадлежит к тому же виду, что и видимая звездная величина m , т.е. может быть визуальной M_v , фотографической M_{pg} , фотоэлектрической (M_v, M_B или M_v) и т.д. Абсолютная болометрическая звездная величина, характеризующая полное излучение измеряется по формуле:

$$M_b = M_v + b \quad (3)$$

Значит вычислим по видимой болометрической звездной величине:

$$m_b = m_v + b \quad (4)$$

Где b -болометрическая поправка, которая зависит от спектрального класса и класса светимости звезды.

Светимость L звезд измеряется в светимости Солнца, принятой за единицу ($L_{\odot} = 1$), и тогда:

$$\lg L = 0,4(M_{\odot} - M) \quad (5)$$

Где $M_{\odot}$ - абсолютная звездная величина Солнца: визуальная $M_{\odot v} = +4^m,79$; фотографическая $M_{\odot pg} = +5,36$; фотоэлектрическая желтая $M_{\odot y} = +4^m,77$; фотоэлектрическая синяя $M_{\odot b} = 5^m,40$; болометрическая $M_{\odot b} = +4^m,73$. Эти звездные величины необходимо использовать при решении задач данной темы.

Закон Стефана – Больцмана можно записать в виде формулы:

$$E = \sigma T_e^4 \quad (6)$$

Температура эффективная для стационарных звёзд рассчитывается по формуле:

$$T_e = 642,3 \sqrt[4]{\frac{E}{\sigma \Delta^2}} \quad (7)$$

Где: $\sigma = 1,354 \cdot 10^{-12} \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}^4) = 5,70 \cdot 10^{-5} \text{ эрг}/(\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}^4)$ и выбирается в зависимости от единиц измерения количества энергии E , которое находится из формулы по разности биометрических звездных величин звезды и Солнца и сравнивается с солнечной постоянной $E_{\odot} \sim 2 \frac{\text{кал}}{(\text{см}^2 \cdot \text{мин})}$.

Цветовая температура Солнца и звезд, в спектрах которых известно распределение энергии, может быть рассчитана по закону смещения Вина:

$$T = \frac{K}{\lambda_m} \quad (8)$$

Где λ_m - длина волны, соответствующая максимуму энергии, а K - постоянная, зависящая от единиц измерения λ . При измерении λ в см получается $K = 0,2898 \text{ см} \cdot \text{град}$, а при измерении λ в ангстремах ($\text{\AA}$) показатель меняется $K = 2898 \cdot 10^4 \text{\AA} \cdot \text{град}$.

Цветовую температуру звёзд можно вычислить по их показателям цвета C и $(B-V)$:

$$T = \frac{7200^\circ}{C+0^m,65} \quad (9) \text{ и } T = \frac{7200^\circ}{(B-V)+0^m,72} \quad (10)$$

Образцы решения задач:

1) Найти размеры звезды Арктур, если её светимость равна 25 светимостям Солнца, а температура фотосферы - 4251K ?

Дано:

$$L = 25L_{\odot}$$

$$T_{\odot} = 6000 \text{ K}$$

$$T_A = 4251 \text{ K}$$

Найти R_A - ?

Решение: Определим радиусы светил, по формуле:

$$\frac{R}{R_{\odot}} = \sqrt{\frac{L}{L_{\odot}} \cdot \left(\frac{T_{\odot}}{T}\right)^2}; R = R_{\odot} \cdot \sqrt{\frac{L}{L_{\odot}} \cdot \left(\frac{T_{\odot}}{T}\right)^2}$$

$$R = R_{\odot} \cdot \sqrt{\frac{10L_{\odot}}{L_{\odot}} \cdot \left(\frac{6000K}{4251K}\right)^2} = 2R_{\odot}$$

Ответ: Размеры Арктура $R = 2R_{\odot}$

2) По спектрам звёзд, можно определить их температуру. По закону смещения Вина, длина волны, на которую приходится максимум излучения, обратно пропорциональна абсолютной температуре. Какому цвету соответствует длина волны, если звезда имеет температуру 6000K, вычислите максимум излучения для этой звезды?

Дано:

$$T = 6000 \text{ K}$$

$$b = 0,0029 \text{ K}$$

Найти $\lambda_{\max}$ - ?

Решение:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T} = \frac{0,0029 \text{ K}}{6000 \text{ K}} = 480 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

Ответ: $\lambda_{\max} = 480 \cdot 10^{-9} \text{ м}$, такая длина волны соответствует желтому цвету.

3) Во сколько раз звезда Конопус по размерам больше Солнца, если его светимость (в светимостях Солнца) равна $10700L_{\odot}$, а температура поверхности 7350K ?

Дано:

$$L_K = 10700L_{\odot}$$

$$T_K = 7350\text{K}$$

Найти $\frac{R_K}{R_{\odot}}$ - ?

Решение:

Если светимость Солнца $L_{\odot} = \sigma T_{\odot}^4 S_{\odot}$, то светимость

Конопуса $L_K = \sigma T_K^4 S_K$, тогда $L_K = 10700 L_{\odot}$

$$\sigma T_K^4 S_K = 10700 \sigma T_{\odot}^4 S_{\odot}; \quad \frac{S_K}{S_{\odot}} = 10700 \frac{T_{\odot}^4}{T_K^4};$$

$$\frac{R_K^2}{R_{\odot}^2} = 10700 \frac{T_{\odot}^4}{T_K^4},$$

$$\frac{R_K}{R_{\odot}} = \sqrt{10700} \frac{T_{\odot}^2}{T_K^2} = 103,4 \cdot \frac{6000^2}{7350^2} = 72,38$$

Ответ: Конопус больше Солнца $\approx$ в 72 раза.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Радиусы 2 - х звёзд, примерно одинаковой температуры отличаются в 50 раз, во сколько раз будет различаться их болометрическая светимость?
2. Вычислите визуальную светимость звёзд, если их визуальный блеск и годовые параллаксы известны у Проциона $0,4^m$ и $0,28''$ и Денеба $1,25^m$ и $0,0023''$ соответственно?
3. Как изменится эффективная температура Солнца, если видимый диаметр $32'$, а солнечная постоянная варьируется от 1,94 до 2 $\frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \cdot \text{мин}}$. Постоянную Стефана примем за $\sigma = 1,354 \cdot 10^{-12} \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}^4}$
4. Видимая болометрическая звёздная величина звёзд Кастора равна $1,58^m$ и $0,063''$, а Сириуса - $1,46^m$ и $0,0060''$. Вычислить температуру этих звёзд?
5. Максимум в спектре приходится на область красного излучения, какую температуру должна иметь звезда?

6. Во сколько раз звезда Беллатрикс (γ Ориона) больше Солнца, если её светимость в светимостях Солнца равна $6400L_{\odot}$, а температура $22\,000\text{K}$?

7. Во сколько раз Солнце, больше красного карлика - звезды Барнарда, если её светимость составляет 0,0004 от светимости Солнца, а температура поверхности звезды 3134K ?

8. Абсолютные звёздные величины звёзд принимают значение от -9^m у звёздных гигантов и сверхгигантов до 2^m у звёзд субкарликов. Сравните светимости этих звёзд с солнечной?

9. Вычислите температуру на поверхности Солнца, если известен радиус $R_{\odot} = 7 \cdot 10^5\text{ км}$ и светимость $L_{\odot} = 3,84 \cdot 10^{26}\text{ Вт}$, используя закон Стефана - Больцмана?

10. Определите температуру звезды, если она имеет одинаковые размеры с Солнцем, но её светимость в 92 раза больше?

Тема № 15: Решение задач на тему: эффект Доплера, закон Хаббла

Скорости движения небесных объектов относительно Земли по лучу зрения определяются при помощи спектрального анализа на основании **эффекта Доплера**: если источник света и наблюдатель начинают приближаться, значит длины волн, которые определяют положения спектральных линий, станут укорачиваться, а при их взаимном удалении длины волн, будет увеличиваться. Эта связь понятий измеряется формулой:

$$\lambda = \lambda_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right) \quad (1)$$

где v - лучевая скорость относительного движения с учетом его знака минус при сближении, λ - длина волны при движении источника и c - скорость света λ_0 - длина волны при неподвижном источнике. При сближении наблюдателя и источника света

линии спектра смещаются к его фиолетовому, а при удалении - к красному концу.

Подставляя в формулу значения величин λ , λ_0 и $c = 300\,000$ км/с, определяют лучевую скорость движения светила v .

Понятие **красного смещения**:

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \quad (2)$$

при этом есть формула для вычисления лучевой скорости: $v_r \approx z \cdot c$, где c - скорость света.

Красное смещение в астрофизике означает явление, при котором длина волны электромагнитного излучения для наблюдателя увеличивается относительно длины волны излучения, испущенного источником небесного объекта. Красным смещением называется величина, которая характеризует изменение длины волны при данном явлении в астрофизике.

Закон Хаббла: Кажущаяся скорость удаления галактики от нас прямо пропорциональна расстоянию до нее.

$$v = H \cdot r \quad (3),$$

где v - скорость удаления галактики от нас, r - расстояние до нее, а H - постоянная Хаббла. Последняя, определяется экспериментально, и на сегодняшний день оценивается как равная примерно 70 км/(с·Мпк) (километров в секунду на мегапарсек; 1 Мпк приблизительно равен 3,3 миллионам световых лет). А это означает, что галактика, удаленная от нас на расстояние 10 мегапарсек, убегает от нас со скоростью 700 км/с, галактика, удаленная на 100 Мпк, - со скоростью 7000 км/с, и т. д.

Образцы решения задач:

1) Конкретная эмиссионная линия водорода первоначально испускается с длиной волны $\lambda = 656,3$ нм из газовой туманности. В телескоп мы наблюдаем, что длина волны эмиссионной линии

составляет 656,6 нм. С какой скоростью движется эта туманность к Земле или от неё?

Дано:

$$\lambda_1 = 656,3 \text{ нм}$$

$$\lambda_2 = 656,6 \text{ нм}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

Решение: Поскольку свет смещается в сторону большей длины волны (красное смещение), мы знаем, что туманность удаляется от нас. Рассчитаем скорость

по формуле Доплера: $v = c \cdot \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 3 \cdot 10^8 \cdot \frac{0,3}{656,3} =$

Найти v - ? $= 140 \cdot 10^3 \text{ м/с} = 140 \text{ км/с}$

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = 656,6 - 656,3 = 0,3 \text{ нм}$$

Ответ: Скорость движения туманности $v = 140 \text{ км/с}$, и она удаляется от нас.

2) Квазар ULASJ1342+0928 имеет красное смещение $z = 7,54$. Определить расстояние до этого квазара, учитывая, что постоянная Хаббла $H = 70 \text{ км/(с} \cdot \text{Мпк)}$.

Дано:

$$z = 7,54$$

$$H = 70 \text{ км/(с} \cdot \text{Мпк)}$$

Решение: применим $c = 3 \cdot 10^5 \text{ км/с}$

закон Хаббла $v = H \cdot r$; согласно эффекту

Доплера равна: $v = c \cdot \frac{(\lambda - \lambda_0)}{\lambda_0} = c \cdot z$, значит

Найти r - ? красное смещение в спектрах галактик и квазаров тождественно равно доплеровскому смещению и связано с их удалением, запишем закон Хаббла в виде: $c \cdot z = H \cdot r$,

отсюда $r = \frac{c \cdot z}{H} = \frac{3 \cdot 10^5 \cdot 7,54}{70} = 32314 \text{ МПк}; 32314 \cdot 3,26 \text{ св.год} = 105\,343,64 \text{ млрд. св. лет.}$

Ответ: Расстояние до квазара ULASJ1342+0928 составляет 105 343,64 млрд. св. лет.

3) На каком расстоянии находится галактика, если она удаляется от нас со скоростью 808 км/с? Постоянную Хаббла принять равной 75 км/(с·Мпк)

Дано:

$$v = 808 \text{ км/с}$$

$$H = 75 \text{ км/(с} \cdot \text{Мпк)}$$

Найти r - ?

Решение:

$$r = \frac{v}{H} = \frac{808 \text{ км/с}}{75 \text{ км/(с} \cdot \text{Мпк)}} = 10,8 \text{ Мпк}$$

Ответ: $r = 10,8 \text{ Мпк}$

4) Определить длину волны, приходящего к нам излучения атомов межзвёздного водорода от галактики, удалённой на расстоянии 1200 Мпк? Длина волны 17 см.

Дано:

$$r = 1200 \text{ Мпк} = 12 \cdot 10^8 \text{ Пк}$$

$$\lambda = 17 \text{ см}$$

$$c = 300\,000 \text{ км/с}$$

Найти $\Delta\lambda$ - ?

Решение:

$$r = \frac{v}{H} = \frac{c \cdot z}{H}; z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

$$z = \frac{r \cdot H}{c} = \frac{1200 \cdot 75}{300\,000} = 0,28$$

Определим изменение длины волны линии:

$$\Delta\lambda = \lambda \cdot z = 17 \cdot 0,28 = 4,76 \text{ см}; 17 + 4,76 = 21,76 \text{ см} \\ = 21,76 \text{ см}.$$

Ответ: Длина линии станет равной 21,76 см.

Задачи для самостоятельного решения:

1. На каком расстоянии располагается галактика, если она удаляется от нас со скоростью 735 км/с? Постоянную Хаббла принять за 75 км/с·Мпк.
2. Сколько времени нужно лучу света, чтобы пересечь галактику по диаметру, удаляющуюся от нас со скоростью 50 000 км/с и имеет видимый размер 0,5'?
3. Из-за возникающего красного смещения, длина волны спектральных линий галактики больше в 1,5 раза, каково расстояние до галактики?
4. Первая галактика с красным смещением 0,07, расположена от второй галактики на 90° , которая имеет красное смещение 0,5.

Какое смещение будет иметь вторая галактика, если наблюдатель находится в первой галактике?

5. Галактика имеет видимый угловой размер 5' и удаляется от нас со скоростью 4000 км/с, вычислите расстояние до галактики и её линейные размеры?

6. В спектре галактики с видимой звёздной величиной $10^m,1$, линия водорода ($\lambda_0 = 553,4 \text{ нм}$), смещена к красному концу спектра на длину волны $\Delta\lambda = 18,4 \text{ нм}$. Вычислите скорость удаления галактики и определите расстояние до неё?

7. Подсчитайте время, прошедшее с момента расширения Вселенной, зная величину обратную постоянной Хаббла, которая даёт примерную оценку времени?

8. Определите расстояние до блазара, если его красное смещение $z = 0,4$. Принять за постоянную Хаббла $H = 75 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$.

9. Туманность Песочные часы (созвездие Муха), находится от Земли на расстоянии 3165 Пк, определите линейные размеры этой туманности?

10. Определите расстояние до большой газопылевой туманности в Орионе, если её видимые размеры составляют 1° , плотность газопылевой среды 10^{-19} кг/м^3 , а масса составляет 240 масс Солнца?

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица № 1. Планеты Солнечной системы

Наименование планеты	Среднее расстояние от Солнца, а.е.*	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Первая космическая скорость, км/с	Средняя плотность, г/см ³
Меркурий	0,39	4878	28°	2,97	5,43
Венера	0,72	12 104	3°	7,25	5,25
Земля	1,00	12 756	23°27'	7,89	5,52
Марс	1,52	6794	23°59'	3,55	3,93
Юпитер	5,20	142 800	3°05'	42,1	1,33
Сатурн	9,54	119 900	26°44'	25,0	0,71
Уран	19,19	51 108	82°05'	15,7	1,24
Нептун	30,52	49 493	28°48'	17,5	1,67

*1 а.е. составляет 150 млн км

Таблица № 2. Крупные спутники планет

Спутник	Планета	Диаметр, км	Альбедо	Астероид	Номер	Диаметр, км	Альбедо
Рея	Сатурн	1575	0,48	Церера	1	1003	0,054
Япет	Сатурн	1595	0,21	Паллада	2	608	0,874
Титания	Уран	1600	0,16?	Веста	4	538	0,229
Оберон	Уран	1460	0,16?	Гигея	10	450	0,041
Тефия	Сатурн	1040	0,49	Евфрозина	31	370	0,03
Диона	Сатурн	825	0,55	Интерамния	704	350	0,033
Ариэль	Уран	1330	0,08	Давида	511	323	0,037
Энцелад	Сатурн	680	0,29	Кибела	65	309	0,022
Умбриэль	Уран	880	0,10	Европа	52	289	0,036
Мимас	Сатурн	580	0,35?	Падленция	451	276	0,026
—	Плутон	500?	?	Эвномия	15	272	0,155
Гиперион	Сатурн	350	?	Психея	16	250	0,093
Феба	Сатурн	300	?	Дорис	48	250	?
Нереида	Нептун	300	?	Увдина	92	250	?
Миранда	Уран	500	?	Юнона	3	247	0,151
Янус	Сатурн	300	?				

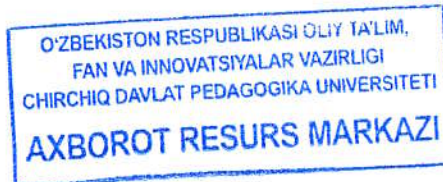
Таблица № 3. Физические характеристики крупных спутников планет

Наименование спутника	Название соотв. планеты	Период обращения (в сутках)	Радиус (в км)	Радиус орбиты (в тыс. км)
Луна	Земля	27	1738	384
Ио	Юпитер	1,8	1815	422
Ганимед	Юпитер	7,1	2631	1070
Европа	Юпитер	3,5	1569	671
Титан	Сатурн	16	2575	1222
Рея	Сатурн	4,5	760	527
Япет	Сатурн	79	718	3561
Титания	Уран	8,7	395	436
Оберон	Уран	13,5	380	583

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Усмонов Б.Ш., Хабибуллаев Р.А. Олий ўқув юртларида ўқув жараёнини кредит-модуль тизимида таъкил қилиш. Ўқув қўлланма. Тошкент, 2020 й., 120 бет.
2. А. В. Веселова, М. И. Волобуева, М. А. Пирогов, Утешев И. А. Астрофизический дивертисмент. Задачи и упражнения по астрономии и астрофизики. - М.: Сам Полиграфист, 2018. - 154 С. - ISBN 5 - 09-010676 - 2.
3. Воронцов - Вельяминов Б. А. Сборник задач и практических упражнений по астрономии // Учебное пособие для студентов астрономических и физических специальностей вузов. - 7 - е изд., стереотип. - М.: Наука, 1977. - 272 с.
4. М. М. Мамадазимов Задачи по сферической и практической астрономии (учебное пособие для студ-ов университета и педагогов вузов) - Т.: «Укитувчи», 1977.
5. М. М. Mamadazimov, A. M. Tillaboev, Sh. F. Nurmatov Astronomiy kursidan masalalar to'plami, TDPU, - Toshkent, 2019, b. -146.
6. Машонкина Л. И., Сулейманов В. Ф. Задачи и упражнения по общей астрономии // Методическое пособие. - Казань: Казанский университет, 2003. -100 с.
7. Орлова Т. А. Виды задач по астрономии, и методика их решения на практических занятиях по предмету «Курс астрономии» в педагогических вузах // Муғаллим ҳам ўзликсиз билимлендириў. - Нукус, 2022. № 2.- с.88 -92.
8. Орлова Т. А. Применение ситуационных задач и задач на соответствие на занятиях Курсу астрономии для студентов педагогических вузов // Ўзбекистон Миллий университети хабарлари. Ташкент, 2022. № 1/ 6. - С. 147 - 149.

9. Рабочая тетрадь по астрономии для 11 класса. Учебное пособие / Дизайн обл. А.С. Андреев. - СПб.: ИД «МиМ», 1998. -128 с.: ил. - (учебная серия).
10. Сурдин В. Г. Астрономические задачи с решениями: Учебное пособие. - М.: Едиториал УРСС, 2002. - 240 с.
11. Шерданов Ч., Саттарова Б., Саттаров И., Ажабов А. Практические занятия по общему курсу астрономии (основы космонавтики). Т., издательство ТГПУ, - 2013 г.
12. I. A. Kamolov, D. I. Kamalova, G. I. Sayfullayeva, A. R. Sattorov, A. M. Tillaboev Astronomiya kursi fanidan amaliy mashg'ulotlar (Umumiy astronomiya) [Matn]: o'quv qo'llanma / - Toshkent: «Tilsim nashriyoti», 2023.-296 b.
13. Paul Roche, Andy Newsam, Sarah Roberts, Tom Mason and John Barach Resources for teaching astronomy in UK schools // Scool Science Review, 2012, 93 (344) p. 53-62.
14. Robert A. Sadler Solving Math Problems in Astronomy, Grades 5 - 8 + // Mark Twain Media Inc. - 2006. - p. 126.
15. Stacey Palen Schaum's Outline of Astronomy 1 st Edition, - September 22, 2020, ISBN - 13: 978 - 0071364362; ISBN - 10: 0071364366.



СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
Тема № 1: Решение задач на тему: Небесная сфера, её основные точки, линии и круги. Нахождение координат небесного тела.....	4
Тема № 2: Решение задач на тему: Кульминация и высота кульминации светила.....	13
Тема № 3: Решение задач на тему: Среднее, солнечное, декретное, поясное и мировое время. Календари.....	18
Тема № 4: Решение задач на тему: Связанных с вычислением момента восхода и захода Солнца и азимутов точек восхода и захода Солнца.....	25
Тема № 5: Решение задач на тему: Законы Кеплера и планетные конфигурации.....	30
Тема № 6: Решение задач на тему: Вычисление масс, плотностей и радиусов звёзд.....	36
Тема № 7: Решение задач на тему: Расчёт расстояний и размеров тел Солнечной системы.....	40
Тема № 8: Решение задач на тему: Закон Всемирного тяготения и задача двух тел.....	44
Тема № 9: Решение задач на тему: Основные характеристики телескопов.....	49
Тема № 10: Решение задач на тему: Определение движений и пространственных скоростей звезд.....	52
Тема № 11: Решение задач на тему: Законы движения ракеты, формула Циолковского; силы, действующие на космический аппарат во время полета; гравитационное поле и движение в нем ракеты.....	57
Тема № 12: Решение задач на тему: Невесомость, вылет с орбиты и посадка на Землю космического корабля, межпланетный полет.....	63
Тема № 13: Решение задач на тему: Определение расстояний до звёзд.....	71
Тема № 14: Решение задач на тему: Определение светимости и температуры звёзд.....	75
Тема № 15: Решение задач на тему: Эффект Доплера, закон Хаббла.....	79
Приложение.....	84
Список использованной литературы.....	86

MUNDARIJA

MUQADDIMA	3
1-mavzu: Mavzu bo'yicha muammolarni hal qilish: samoviy soha, uning asosiy nuqtalari, chiziqlari va doiralari. Samoviy jismning koordinatalarini topish.....	4
2- mavzu: Mavzu bo'yicha muammolarni hal qilish: yoritgichlarning cho'qqisi va balandligi.....	13
3 - mavzu: Mavzu bo'yicha muammolarni hal qilish: O'rta, quyosh, tug'ruq, standart va jahon vaqti. Kalendarlar.....	18
4-mavzu: mavzu bo'yicha muammolarni hal qilish: quyosh chiqishi va botish momentini va quyosh chiqishi va botish nuqtalarining azimutlarini hisoblash bilan bog'liq.....	25
5-mavzu: Mavzu bo'yicha muammolarni hal qilish: Kepler qonunlari va Sayyora konfiguratsiyalari.....	30
6-mavzu: Mavzu bo'yicha muammolarni hal qilish: yulduzlarning massalari, zichligi va radiuslari hisoblash.....	36
7-mavzu: Mavzu bo'yicha muammolarni hal qilish: Quyosh tizimi jismlarining masofalari va o'lchamlarini hisoblash.....	40
8-mavzu: Mavzu bo'yicha muammolarni hal qilish: tortishish Qonuni va ikki jismning vazifasi.....	44
9-mavzu: Mavzu bo'yicha muammolarni hal qilish: teleskoplarning asosiy xususiyatlari.....	49
10 -mavzu : Mavzu bo'yicha muammolarni hal qilish: yulduzlarning harakatlari va fazoviy tezligini aniqlash.....	52
11-mavzu: Mavzu bo'yicha muammolarni hal qilish: raketa harakati qonunlari, Tsiolkovskiy formulasi; parvoz paytida kosmik kemaga ta'sir qiluvchi kuchlar; tortishish maydoni va undagi raketalarining harakati.....	57
12-mavzu: Mavzu bo'yicha muammolarni hal qilish: vaznsizlik, orbitadan chiqish va kosmik kemandi yerga qo'nishi, sayyoralararo parvoz.....	63
13-mavzu: Mavzu bo'yicha muammolarni hal qilish: yulduzlarga masofani aniqlash.....	71
14-mavzu: Mavzu bo'yicha muammolarni hal qilish: yulduzlarning yorqinligi va haroratini aniqlash.....	75
15-mavzu: Mavzu bo'yicha muammolarni hal qilish: Dopler effekti, Xabbl qonuni.....	79
Ilova.....	84
Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.....	86

CONTENTS

PREFACE	3
Topic № 1: Solving problems on the topic: The celestial sphere, its main points, lines and circles. Finding the coordinates of a celestial body.....	4
Topic № 2: Solving problems on the topic: The culmination and the height of the culmination of the luminari.....	13
Topic № 3: Solving problems on the topic: Average, solar, maternity, time zone and world time. Calendars.....	18
Topic № 4: Solving problems on the topic: Related to the calculation of the moment of sunrise and sunset and azimuths of the points of sunrise and sunset.....	25
Topic № 5: Solving problems on the topic: Kepler's laws and planetar. Configurations.....	30
Topic № 6: Solving problems on the topic: Calculating the masses, densities and radii of stars.....	36
Topic № 7: Solving problems on the topic: Calculation of distances and sizes of Solar system bodies.....	40
Topic № 8: Solving problems on the topic: The Law of Universal gravitation and the problem of two bodies.....	44
Topic № 9: Solving problems on the topic: The main characteristics of telescopes.....	49
Topic № 10: Solving problems on the topic: Determining the motions and spatial velocities of stars.....	52
Topic № 11: Solving problems on the topic: The laws of rocket motion, the Tsiolkovsky formula; the forces acting on the spacecraft during flight; the gravitational field and the movement of the rocket in it.....	57
Topic № 12: Solving problems on the topic: Weightlessness, departure from orbit and landing on Earth of a spacecraft, interplanetary flight.....	63
Topic № 13: Solving problems on the topic: Determining distances to stars.....	71
Topic № 14: Solving problems on the topic: Determination of luminosity and temperature of stars.....	75
Topic № 15: Solving problems on the topic: Doppler effect, Hubble's law.....	79
Application.....	84
List of used literature.....	86

Орлова Т. А.

КУРС АСТРОНОМИИ 1, 2 (ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ ПО ОБЩЕЙ АСТРОНОМИИ)

Учебное пособие предназначено для студентов педагогических вузов бакалавриата физико – астрономического направления («60110700 – Физика и астрономия»)

Редактор: Х. Тахиров

Художественный редактор: С. Меликузев

Компьютерная верстка: А. Зиямухамедов

Лицензия издательства № 2244. 25.08.2020.

Разрешение на печать 12.08.2022.

Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.

«Times New Roman» гарнитура 16. Уч.изд.л. 21.375

Тираж 100. Заказ № 1985073

Отпечатано в типографии «Yangi chirchiq prints».

ISBN 978-9910-751-53-0

