**Содержание:**

Вступление. 3

Определение расстояний до космических объектов. 3

Определение расстояний до планет. 4

Определение расстояний до ближайших звезд. 4

**Метод параллакса.** 4

**Фотометрический метод определения расстояний.** 6

**Определение расстояния по относительным скоростям.** 7

**Цефеиды.** 8

Список литературы. 9

# Вступление.

Наши знания о Вселенной тесно связаны со способностью человека определять расстояния в пространстве. С незапамятных времен вопрос «как далеко?» играл первостепенную роль для астронома в его попытках познать свойства Вселенной, в которой он живет. Но как бы ни было велико стремление человека к познанию, оно не могло быть осуществлено до тех пор, пока в распоряжении людей не оказались высокочувствительные и совершенные инструменты. Таким образом, хотя на протяжении веков представления о физическом мире непрерывно развивались, завесы, скрывавшие верстовые столбы пространства, оставались нетронутыми. Во все века философы и астрономы размышляли о космических расстояниях и усердно искали способы их измерения. Но все было напрасно, так как необходимые для этого инструменты не могли быть изготовлены. И, наконец, после того как телескопы уже в течение многих лет использовались астрономами и первые гении посвятили свой талант изучению богатств, добытых этими телескопами, настало время союза точной механики и совершенной оптики, который позволил создать инструмент, способный разрешить проблему расстояний. Барьеры были устранены, и многие астрономы объединили свои знания, мастерство и интуицию с целью определить те колоссальные расстояния, которые отделяют от нас звездные миры.

В 1838 году три астронома (в разных частях света) успешно измерили расстояния до некоторых звезд. Фридрих Вильгельм Бессель в Германии определил расстояние до звезды Лебедь 61. Выдающийся русский астроном Василий Струве установил расстояние до звезды Веги. На мысе Доброй Надежды в Южной Африке Томас Гендерсон измерил расстояние до ближайшей к Солнцу звезды – альфа Центавра. Во всех названных случаях астрономы измеряли невообразимо малое угловое расстояние, чтобы определить так называемый параллакс. Их успех был обусловлен тем, что звезды, до которых они измеряли расстояния, находились относительно близко к Земле.

# Определение расстояний до космических объектов.

В астрономии нет единого универсального способа определения расстояний. По мере перехода от близких небесных тел к более далеким одни методы определения расстояний сменяют другие, служащие, как правило, основой для последующих. Точность оценки расстояний ограничивается либо точностью самого грубого из методов, либо точностью измерения астрономической единицы длины (а. е.), величина которой по радиолокационным измерениям известна со среднеквадратичной погрешностью 0,9 км. и равна 149597867,9 0,9 км. С учетом различных изменений а. е. Международный астрономический союз принял в 1976 году значение 1 а. е. = 149597870 2 км.

## Определение расстояний до планет.

Среднее расстояние ***r*** планеты от Солнца (в долях а. е.) находят по периоду ее обращения ***Т***:



где ***r*** выражено в а. е., а ***Т*** – в земных годах. Массой планеты ***m*** по сравнению с массой солнца ***mc*** можно пренебречь. Формула следует из третьего закона Кеплера (квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы их средних расстояний от Солнца).

Расстояния до Луны и планет с высокой точностью определены также методами радиолокации планет.

## Определение расстояний до ближайших звезд.

### ***Метод параллакса.***

Вследствие годичного движения Земли по орбите близкие звезды немного перемещаются относительно далеких «неподвижных» звезд. За год такая звезда описывает на небесной сфере малый эллипс, размеры которого тем меньше, чем звезда дальше. В угловой мере большая полуось этого эллипса приблизительно равна величине максимального угла, под каким со звезды видна 1 а. е. (большая полуось земной орбиты), перпендикулярная направлению на звезду. Этот угол (), называемый годичным или тригонометрическим параллаксом звезды, равный половине ее видимого смещения за год, служит для измерения расстояния до нее на основе тригонометрических соотношений между сторонами и углами треугольника ЗСА, в котором известен угол и базис – большая полуось земной орбиты (см. рис. 1).

Расстояние ***r*** до звезды, определяемое по величине ее тригонометрического параллакса , равно:

***r*** = 206265''/ (а. е.),

где параллакс выражен в угловых секундах.

Рисунок 1. Определение расстояния до звезды методом параллакса (А – звезда, З – Земля, С – Солнце).



Для удобства определения расстояний до звезд с помощью параллаксов в астрономии применяют специальную единицу длины – парсек (пс). Звезда, находящаяся на расстоянии 1 пс, имеет параллакс, равный 1''. Согласно вышеназванной формуле, 1 пс = 206265 а. е. = 3,086·1018 см.

Наряду с парсеком применяется еще одна специальная единица расстояний – световой год (т. е. расстояние, которое свет проходит за 1 год), он равен 0,307 пс, или 9,46·1017 см.

Ближайшая к Солнечной системе звезда – красный карлик 12-й звездной величины Проксима Центавра – имеет параллакс 0,762, т. е. расстояние до нее равно 1,31 пс (4,3 световых года).

Нижний предел измерения тригонометрических параллаксов ~0,01'', поэтому с их помощью можно измерять расстояния, не превышающие 100 пс с относительной погрешностью 50%. (При расстояниях до 20 пс относительная погрешность не превышает 10%.) Этим методом до настоящего времени определены расстояния до около 6000 звезд. Расстояния до более далеких звезд в астрономии определяют в основном фотометрическим методом.

Таблица 1. Двадцать ближайших звезд.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №№ п. п. | Название звезды | Параллакс в секундах дуги | Расстояние, *пс* | Видимая звездная величина, *m* | Абсолютная звездная величина, *М* | Спек-траль-ный класс |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20 | Солнце. . . . . . . . .  Проксима Центавра .  α Центавра А . . . . .  α Центавра В . . . . .  Звезда Барнарда . . .  Лаланд 21185 . . . . .  Вольф 359 . . . . . . .  +36˚2147 . . . . . . .  Сириус . . . . . . . .  Спутник Сириуса . .  Росс 154 . . . . . . . .  Росс 248 . . . . . . . .  Лейтен 7896 . . . . .  ε Эридана . . . . . . .  Процион . . . . . . .  Спутник Проциона . .  61 Лебедя . . . . . . .  Спутник 61 Лебедя . .  τ Кита . . . . . . . . .  ε Индейца . . . . . . . | ––  0,762  0,756  0,756  0,543  0,407  0,403  0,388  0,376  0,376  0,350  0,334  0,328  0,303  0,297  0,297  0,296  0,296  0,294  0,288 | 1/206256  1,31  1,32  1,32  1,84  2,46  2,48  2,58  2,66  2,66  2,86  2,99  3,05  3,30  3,37  3,37  3,38  3,38  3,40  3,47 | –26,7  +11,3  +0,3  +1,7  +9,5  +10,7  +13,5  +7,5  –1,5  +8,5  +10,5  +12,2  +12,3  +3,8  +0,5  +10,8  +5,4  +6,1  +3,7  +4,7 | +4,9  +15,7  +4,7  +6,1  +13,1  +13,7  +16,5  +10,4  +1,4  +11,4  +13,2  +14,7  +14,9  +6,2  +2,8  +13,1  +7,7  +8,4  +6,0  +7,0 | G4  M  G4  K1  M5  M2  M8  M2  A1  A5  M5  M6  M6  K2  G4  K3  K5  G5  K5 |

### ***Фотометрический метод определения расстояний.***

Освещенности, создаваемые одинаковыми по мощности источниками света, обратно пропорциональны квадратам расстояний до них. Следовательно, видимый блеск одинаковых светил (т. е. освещенность, создаваемая у Земли на единичной площадке, перпендикулярной лучам света) может служить мерой расстояния до них. Выражение освещенностей в звездных величинах (***m*** – видимая звездная величина, ***М*** – абсолютная звездная величина) приводит к следующей основной формуле фотометрических расстояний ***r***ф (пс):

lg*r*ф = 0,2 (*m – M*) + 1.

При определении ***r***ф по вышеназванной формуле погрешность составляет ~30%.

Для светил, у которых известны тригонометрические параллаксы, можно, определив М по этой же формуле, сопоставить физические свойства с абсолютными звездными величинами. Это сопоставление показало, что абсолютные звездные величины многих классов светил (звезд, галактик и др.) можно оценивать по ряду их физических свойств.

Зная расстояния до некоторого числа звезд, вычисленные методом параллакса, можно было вычислить светимости и сопоставить их со спектром тех же звезд, (см. рис. 2). Из диаграммы видно, что каждому определенному подклассу звезд (например A) соответствует определенная светимость, таким образом, достаточно точно определить спектральный класс и можно выяснить ее светимость, а следовательно, и расстояние.

Иногда определенному классу соответствует другая светимость, но в этом случае и спектр у них несколько другой. Спектры карликов и гигантов различаются интенсивностью определенных линий или их пар, причем это отличие можно выяснить, исследуя близко находящиеся звезды. Это отличие связано с тем, что атмосферы гигантов обширнее и разреженнее. Точность определения расстояния таким способом составляет ~20%.

Рисунок 2: диаграмма зависимости спектрального класса от абс. звездной величины (Герцшпрунга – Рессела)



### ***Определение расстояния по относительным скоростям.***

Косвенным показателем расстояния до звезд являются их относительные скорости: как правило, чем ближе звезда, тем больше смещается она по небесной сфере. Определить таким способом расстояние, конечно нельзя, но этот способ дает возможность “вылавливать” близкие звезды.

Также существует другой метод определения расстояний по скоростям, применимый для звездных скоплений. Он основан на том, что все звезды, принадлежащие одному скоплению, движутся в одном и том же направлении по параллельным траекториям. Измерив лучевую скорость звезд с помощью эффекта Доплера, а также скорость, с которой эти звезды смещаются относительно очень удаленных, то есть условно неподвижных звезд, можно определить расстояние до интересующего нас скопления.

### ***Цефеиды.***

Важный метод определения фотометрических расстояний в Галактике и до соседних звездных систем – галактик – основан на характерном свойстве переменных звезд – цефеид.

Первой из обнаруженных цефеид была δ Цефея, которая меняла свой блеск с амплитудой 1, температуру (на 800K), размер и спектральный класс. Цефеиды – это неустойчивые звезды спектральных классов от F6 до G8, которые пульсируют в результате нарушения равновесия между силой тяжести и внутренним давлением, причем кривая изменения их параметров напоминает гармонический закон. С течением времени колебания ослабевают и затухают; к настоящему моменту было обнаружено постепенное прекращение переменности у звезды RU Жирафа, обнаруженной в 1899 году. К 1966 году ее переменность полностью прекратилась. Периоды различных цефеид от 1,5 часов до 45 суток. Все цефеиды – гиганты большой светимости, причем светимость строго зависит от периода по формуле:

*M* = – 0,35 – 2,08 lg *T*.

Так как, в отличие от вышеприведенной диаграммы Герцшпрунга – Ресселла (см. рис. 2) зависимость четкая, то и расстояния можно определять более точно. Для долгопериодичных цефеид (периоды колебаний от 1 до 146 суток), относящихся к звездному населению I типа (плоской составляющей Галактики), установлена важная зависимость период – светимость, согласно которой, чем короче период колебаний блеска, тем цефеида слабее по абсолютной величине. Зная из наблюдений период ***T***, можно найди абсолютную звездную величину ***M***, а, зная абсолютную звездную величину и найдя из наблюдений видимую звездную величину ***m***, можно найти расстояние. Такой метод нахождения расстояний применяется не только для определения расстояния до самих цефеид, но и для определения расстояний до далеких галактик, в составе которых удалось обнаружить цефеиды (это сделать не очень трудно, так как цефеиды обладают достаточно большой светимостью).

# Список литературы.

1. *Сюняев Р. А. Физика космоса, 2-е изд. Москва, изд. «Советская энциклопедия», 1986 г.*
2. *Волынский Б. А. Астрономия. Москва, изд. «Просвещение», 1971 г.*
3. *Агекян Т. А. Звезды, галактики, Метагалактика. Москва, изд. «Наука», 1970 г.*
4. *Мухин Л. М. Мир астрономии. Москва, изд. «Молодая гвардия», 1987 г.*
5. *Левитт И. За пределами известного мира: от белых карликов до квазаров. Москва, изд. «Мир», 1978 г.*