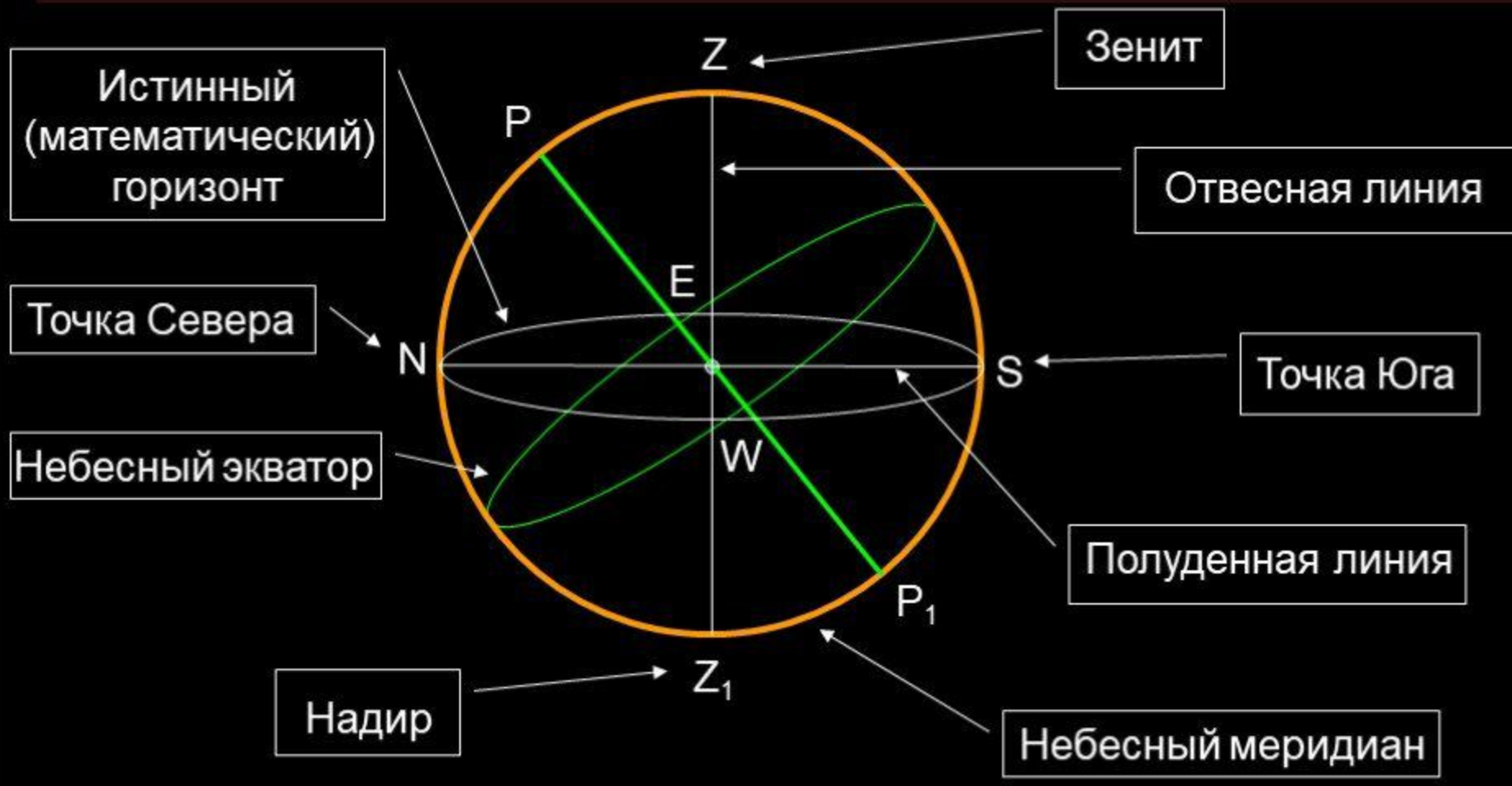
Решение астрономических задач

полное решение всех типов задач по астрономии

Основные элементы небесной сферы



Абсолютная звёздная величина (M)

Звёздная величина, которую имела бы звезда, если бы находилась на расстоянии 10 Пк называется **абсолютной звёздной величиной (M)**

$$M = m + 5 - 5\lg r$$

$$M_{\odot} = +4{,}8^{m}$$

Расстояние до звёзд

1 св.год=63240а.е.

<u>Световой год</u> – расстояние, которое свет проходит за один земной год

$$D_{СВ.Г} = \frac{3,26}{P''}$$

Парсек(Пк) – расстояние, с которого большая полуось Земной орбиты видна под углом 1 сек.

$$r_{Пк} = \frac{1}{\pi''}$$

1 Пк = 3,26 св.г = 206265 а.е. = 30000000000000 км

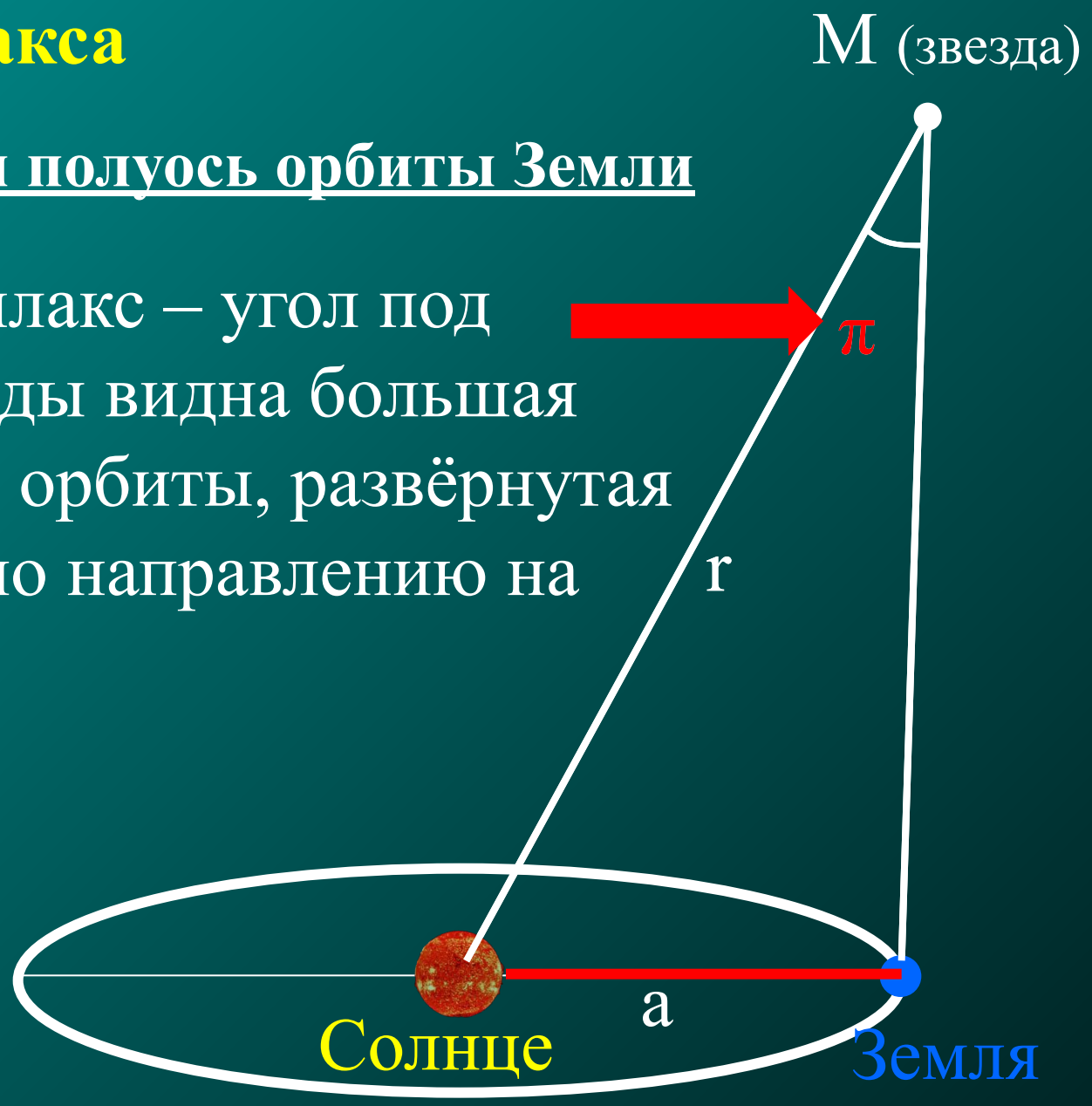
Способ параллакса – для звёзд не далее 100 Пк или 300 св. лет

Метод параллакса

Базис – большая полуось орбиты Земли

Годичный параллакс – угол под которым со звезды видна большая полуось Земной орбиты, развёрнутая перпендикулярно направлению на звезду

$$r = \frac{206265''}{\pi''} a.e.$$

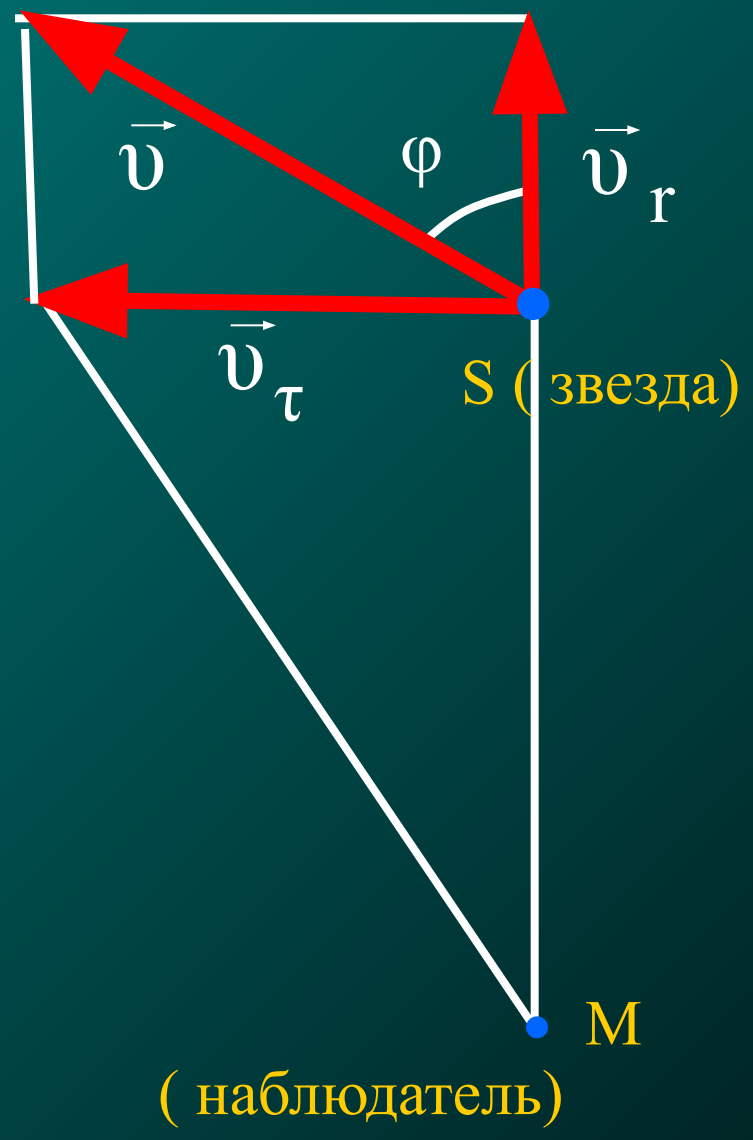


Пространственная скорость звёзд $\vec{\upsilon}$

$\vec{\upsilon}_\tau$-тангенциальная скорость

$\vec{\upsilon}_r$-лучевая скорость

$$\upsilon = \sqrt{\upsilon_\tau^2 + \upsilon_r^2}$$



Примеры решения задач

В полдень 22 июня длина тени от заводской трубы высотой H = 200 м составила d = 87 м. Определите географическую широту города, считая, что он находится в северном полушарии Земли.

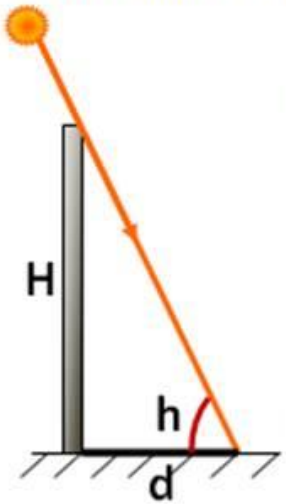


Рис. 1

Полуденную высоту Солнца можно найти из рис.1

$$tgh = \frac{H}{d} = \frac{200}{87} =$$

$$= 2{,}3 \Longrightarrow h = 66{,}5°$$

Высота светила в верхней кульминации (см. рис. 2) определяется по формуле:

$$h = 90° - \varphi - \delta$$

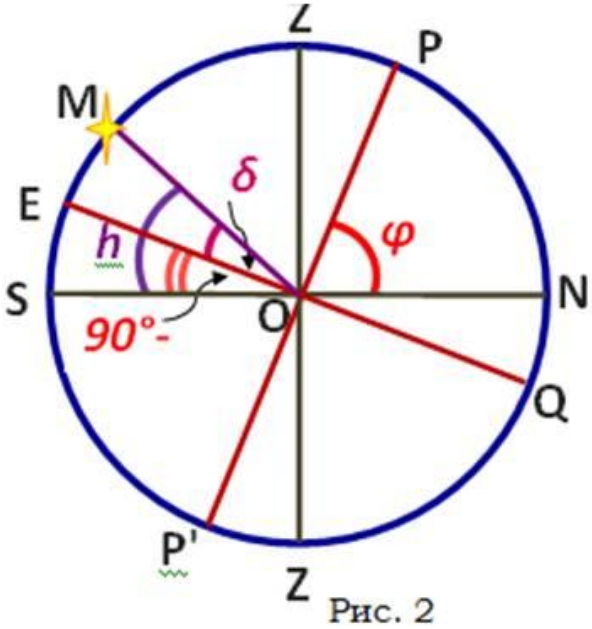


Рис. 2

В день летнего солнцестояния (22 июня) Солнце поднимается над горизонтом в полдень на ε =23,5°.

$\delta = \varepsilon$, то $h = 90° - \varphi - \varepsilon$

$$\varphi = 90° - 66{,}5° + 23{,}5° = 47°$$

1. В местный полдень путешественник отметил 14 ч 13 мин по гринвичскому времени. Определите географическую долготу места наблюдения.

Дано:

T_{λ} *=12 ч*

T_0 *=14ч 13 мин*

λ *– ?*

Решение:

$$T_{\lambda} = T_0 + \lambda$$

$$\lambda = T_{\lambda} - T_0$$

λ=12 ч -14 ч 13 мин = 2 ч 13 мин з.д.

Ответ: *2 ч 13 мин з.д.*

Задачи

1. Каков синодический период Марса, если его звездный период равен 1,88 земного года?

Дано:

T=1,88 года

T_0=1год

S – ?

Решение:

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

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

$$S = \frac{1год \cdot 1{,}88года}{1{,}88года - 1год} = 2{,}136года$$

Ответ: 2,136 года

Задачи

1. Определите афелийное расстояние астероида Минск, если большая полуось его орбиты равна 2,88 а.е., а эксцентриситет составляет 0,24.

Дано:

a=2,88 а.е.

e =0,24

Q – ?

Решение:

$$Q = a(1+e)$$

$$Q = 2{,}88 \cdot (1+0{,}24) = 3{,}57 a.e.$$

Ответ: *3,57 а.е.*

Задачи

2. Определите среднее расстояние от Юпитера до Солнца, если известно, что его звездный период обращения вокруг Солнца равен 11,86 года.

Дано :

T= 11,86 года

$T_з$=1 год

$a_з$=1 а.е.

а – ?

Решение:

$$\frac{T^2}{T_з^2} = \frac{a^3}{a_з^3} \qquad a = a_з \sqrt[3]{\frac{T^2}{T_з^2}}$$

$$a = 1а.е.\sqrt[3]{\frac{(11{,}86года)^2}{(1год)^2}} = 5{,}2а.е.$$

Ответ: *5,2 а.е.*

Задачи

1. Определите массу Сатурна (в массах Земли), если известно, что спутник Сатурна Титан отстоит от него на расстоянии 1220 тыс. км и обращается с периодом 16 суток.

Дано:

$a=1220\cdot10^3$ км
$T=16$ суток
$a_л=384\cdot10^3$ км
$T_л=27{,}3$ суток
$M_з=1$

$M_с$ – ?

Решение:

$$\frac{T^2\left(M_С+m_T\right)}{T_Л^2\left(M_З+m_Л\right)}=\frac{a^3}{a_Л^3}$$

$$\frac{M_С}{M_З}=\frac{T_Л^2}{T^2}\cdot\frac{a^3}{a_Л^3}$$

$$M_С=\frac{T_Л^2}{T^2}\cdot\frac{a^3}{a_Л^3}\cdot M_З$$

$$M_С=\left(\frac{27{,}3 суток}{16 суток}\right)^2\cdot\left(\frac{1220\cdot10^3 км}{384\cdot10^3 км}\right)^3\cdot1=93{,}4M_З$$

Ответ: $M_С=93{,}4M_З$

Задачи

1. Расстояние от Земли до Луны в ближайшей к ней точке своей орбиты составляет 363 тыс.км, а в наиболее удаленной точке 405 тыс.км. Определите горизонтальный параллакс Луны в этих положениях.

Дано:

q=363 тыс.км

Q=405 тыс.км

$R_З$=6370 км

p_1 – ?

p_2 –?

Решение:

$$D = \frac{206265''}{p''} \cdot R_З \qquad p = \frac{206265''}{D} \cdot R_З$$

$$p_1 = \frac{206265''}{363000км} \cdot 6370 = 3619{,}5'' \approx 1^\circ$$

$$p_2 = \frac{206265''}{405000км} \cdot 6370 = 3244{,}2'' \approx 54'$$

Ответ: *1°, 54’*

Задачи

1. Рассчитайте время полета по полуэллиптической орбите до Марса.

Дано:

$a_м$=*1,52 а.е.*

$T_з$=*1 год*

$a_з$=*1 а.е.*

t – ?

Решение:

$$\frac{T^2}{T_З^2} = \frac{a^3}{a_З^3} \qquad t = \frac{T}{2} \qquad a = \frac{a_М + a_З}{2}$$

$$a = \frac{1{,}52 a.e. + 1 a.e.}{2} = 1{,}26 a.e. \qquad t = \frac{T_З}{2}\sqrt{\frac{a^3}{a_З^3}}$$

$$t = \frac{1 год}{2}\sqrt{\frac{(1{,}26 a.e.)^3}{(1 a.e.)^3}} = 0{,}71 года$$

Ответ: *0,71 года*

Задачи

1. Море Москвы, расположенное на невидимой стороне Луны, имеет поперечник около 300км. Можно ли было бы увидеть его с Земли невооруженным глазом, если бы оно находилось на обращенном к Земле полушарии. Разрешающая способность глаза 1'.

Дано:

D=300 км

α=1'

S=3,84·10⁵ км

d – ?

Решение:

Минимальный размер объекта, видимого глазом определим по формуле:

$$d = S \cdot \sin\alpha$$

$$d = 3{,}84 \cdot 10^5\,км \cdot \sin 1' \approx 112 км$$

Так как размеры моря Москвы превышают полученный результат, то его можно было бы увидеть невооруженным глазом.

Ответ: *да*

Задачи

1.Какие увеличения можно получить с помощью школьного телескопа, в котором установлен объектив с фокусным расстоянием 800 мм и имеются сменные окуляры с фокусными расстояниями 28, 10, 20 мм?

Дано:

$F_{ОБ}$=800 мм

$F_{ОК1}$=28 мм

$F_{ОК2}$=20 мм

$F_{ОК3}$=10 мм

G – ?

Решение:

$$G = \frac{F_{ОБ}}{F_{ОК}}$$

$$G_1 = \frac{800мм}{28мм} = 28{,}6$$

$$G_2 = \frac{800мм}{20мм} = 40$$

$$G_3 = \frac{800мм}{10мм} = 80$$

Ответ: *28,6; 40; 80*

Задачи

2. Определите разрешающую и проницающую способности школьного телескопа с диаметром объектива, равным 60 мм.

Дано :

D=60 мм

ψ – ?

m – ?

Решение:

$$\psi = \frac{140''}{D} \qquad \psi = \frac{140''}{60} = 2{,}3''$$

$$m = 2{,}1 + 5\lg D$$

$$m = 2{,}1 + 5\lg 60 = 11^m$$

Ответ: *2,3'' ,11^m*

Задачи

1. Линия водорода с длиной волны 434,00 нм на спектрограмме звезды оказалась равной 434,12 нм. К нам или от нас движется звезда и с какой скоростью?

Дано:

λ_0=434,0 нм

λ=434,12 нм

$c=3\cdot10^5$ км/с

υ_r – ?

Решение:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}=\frac{\lambda-\lambda_0}{\lambda}=\frac{\vartheta_r}{c} \qquad \vartheta_r=\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}c$$

$$\Delta\lambda=(434{,}12-434{,}0)нм=0{,}12нм$$

$$\vartheta_r=\frac{0{,}12нм}{434{,}0нм}\cdot3\cdot10^5\ км/с\approx83\,км/с$$

Так как $\Delta\lambda$ >0 ,то звезда удаляется.

Ответ: *удаляется, 83 км/с*

Задачи

2. Поверхность Солнца близка по своим свойствам к абсолютно черному телу. Определите температуру солнечной поверхности и мощность излучения единицы поверхности, если максимум лучеиспускательной способности приходится на длину волны 0,48 мкм.

Дано :

λ_{max} *=0,48 мкм*

b=2900 К·мкм

T – ?

ε *– ?*

Решение:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T} \qquad T = \frac{b}{\lambda \max}$$

$$T = \frac{2900 K \cdot мкм}{0{,}48 мкм} \approx 6000 K$$

$$\varepsilon = \sigma T^4$$

$$\varepsilon = 5{,}67 \cdot 10^{-8}\, Вт / \left(м^2 \cdot K^4\right) \cdot \left(6000 K\right)^4 \approx$$

$$\approx 7{,}3 \cdot 10^7\, Вт / м^2$$

Ответ: *6000 К, 7,3·10⁷Вт/м²*

Задачи

1. Вычислите линейный размер солнечного пятна, если его угловой диаметр равен 17,6''. Линейный и угловой размеры Солнца соответственно равны 13,92 $\cdot 10^5$ км, 32'.

Дано :

$D_c = 13{,}92 \cdot 10^5$ *км*

$d_c = 32'$

$d_п = 17{,}6'$

$D_п$ – ?

Решение:

$$D_П = \frac{D_C}{d_C} d_П$$

$$D_П = \frac{13{,}92 \cdot 10^5\, км}{32 \cdot 60''} 17{,}6'' = 12760 км$$

Ответ: *12760 км*

Задачи

2. Определите массу Солнца, если Земля обращается вокруг Солнца на расстоянии 1 а.е. с периодом 1 год. Орбиту Земли считать круговой.

Дано :

$T_З$=1год= =3,156·10⁷ с

$a_З$=1 а.е. = =1,496·10¹¹ м

$M_С$ – ?

Решение:

Сила всемирного тяготения является центростремительной

$$\frac{m\vartheta^2}{a_З} = G\frac{M_С m}{a_З^2} \qquad \frac{\vartheta^2}{a_З} = G\frac{M_С}{a_З^2} \qquad M_С = \frac{\vartheta^2 a_З}{G}$$

$$\vartheta = \frac{2\pi a_З}{T} \qquad M_С = \frac{4\pi^2 a_З^3}{GT^2}$$

$$M_С = \frac{4\cdot 3{,}14^2\cdot(1{,}496\cdot 10^{11}\,м)^3}{6{,}67\cdot 10^{-11}\,Н\cdot м^2/кг^2\cdot(3{,}156\cdot 10^7\,с)^2} = 2\cdot 10^{30}\,кг$$

Ответ: $2\cdot 10^{30}$ кг

Задачи

1. Новая звезда в момент вспышки имела видимую звездную величину $3{,}2^m$. Вычислите расстояние до нее, если известно, что большинство новых звезд этого типа имеют абсолютную звездную величину -8^m.

Дано:

$m=3{,}2^m$

$M=-8^m$

r – ?

Решение:

$$M = m + 5 - 5\lg r$$

$$r = 10^{0,2(m-M)+1}$$

$$r = 10^{0,2(3,2+8)+1}\,пк = 10^{3,24}\,пк \approx 1700\,пк$$

Ответ: *1700 пк*

Задачи

1. Найдите размеры звезды Альтаир, если ее светимость равна десяти светимостям Солнца, а температура фотосферы 8400К.

Дано:

L=10 L_C

T=8400 К

R – ?

Решение:

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

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

$$R = R_\Theta \cdot \sqrt{\frac{10L_\Theta}{L_\Theta}} \cdot \left(\frac{6000K}{8400K}\right)^2 = 1{,}6R_\Theta$$

Ответ: $R = 1{,}6R_\Theta$

Задачи

1. У двойной звезды *α*-Центавра период обращения составляет 79 лет. Большая полуось орбиты 17,6”, а годичный параллакс 0,75”. Определите сумму масс и массы компонентов звезды в отдельности, если они отстоят от центра масс на расстояниях, относящихся как 3:4.

Дано:

T=79 лет

α=17,6”

π=0,75”

$d_1:d_2=3:4$

E_k – ?

Решение:

$$M_1+M_2=\frac{1}{T^2}\cdot\left(\frac{a''}{\pi''}\right)^3 \qquad \frac{d_1''}{d_2''}=\frac{M_2}{M_1} \qquad \frac{M_2}{M_1}=\frac{3}{4}$$

$$M_1+M_2=\frac{1}{(79\,лет)^2}\cdot\left(\frac{17{,}6''}{0{,}75''}\right)^3=2{,}1M_\Theta$$

$$\begin{cases} M_2=0{,}75M_1 \\ M_1+M_2=2{,}1M_\Theta \end{cases} \qquad M_1=1{,}2M_\Theta \qquad M_2=0{,}9M_\Theta$$

Ответ:

$$M_1=1{,}2M_\Theta$$
$$M_2=0{,}9M_\Theta$$

Задачи

1. При изучении масс звезд и их светимостей установлено, что для звезд, принадлежащих к главной последовательности, в интервале от $0{,}5M_C$ до $10M_C$ светимость пропорциональна четвертой степени ее массы. Проведите необходимые расчеты и укажите на диаграмме местонахождение звезд.

Дано:

$M_{З1}=0{,}5\ M_C$

L – ?

M – ?

Решение:

$$L = L_\Theta \cdot M_З^{\ 4} \qquad \frac{L}{L_\Theta} = 2{,}512^{M_\Theta - M}$$

$$M_\Theta - M = 2{,}5 \cdot \lg \frac{L}{L_\Theta} \qquad M = 5 - 2{,}5 \cdot \lg \frac{L}{L_\Theta}$$

$$L = L_\Theta \cdot 0{,}5^4 = 6{,}25 \cdot 10^{-2} \cdot L_\Theta$$

$$M = 5 - 2{,}5 \cdot \lg 0{,}0625 = 8^m$$

Ответ: $L=0{,}0625\ L_C$, $M=8^m$

Задачи

2. Какова средняя плотность красного сверхгиганта, если его диаметр в 300 раз больше солнечного, а масса в 30 раз больше, чем масса Солнца?

Дано:

$D_2=300D_1$

$M_2=30M_1$

ρ_2 – ?

Решение:

$$\rho=\frac{M}{V}=\frac{3M}{4\pi R^3}=\frac{6M}{\pi D^3}$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1}=\frac{30}{(300)^3}=1{,}1\cdot10^{-6}\qquad \frac{\rho_2}{\rho_1}=\frac{\dfrac{6M_2}{\pi D_2^3}}{\dfrac{6M_1}{\pi D_1^3}}=\frac{\dfrac{M_2}{M_1}}{\dfrac{D_2^3}{D_1^3}}$$

$$\rho_2=1{,}1\cdot10^{-6}\cdot\rho_{\Theta}=1{,}1\cdot10^{-6}\cdot1{,}4\cdot10^3\ кг/м^3\approx1{,}6\cdot10^{-3}\ кг/м^3$$

Ответ: *$1{,}6\cdot10^{-3}$ кг/м^3*

Задачи

1. У звезды Альтаир годичный параллакс равен 0,198”,собственное движение 0,658” и лучевая скорость –26,3 км/с. Определите тангенциальную и пространственную скорости звезды.

Дано:

π=0,198”

μ=0,658”

v=-26,3 км/с

$v_т$ –?

v – ?

Решение:

$$\vartheta_\tau = 4{,}74 \cdot \frac{\mu''}{\pi''} \qquad \vartheta = \sqrt{\vartheta_\tau^{\,2} + \vartheta_r^2}$$

$$\vartheta_\tau = 4{,}74 \cdot \frac{0{,}658''}{0{,}198''} = 15{,}8\,км/с$$

$$\vartheta = \sqrt{(15{,}8км/с)^2 + (-23{,}6км/с)^2} = 30{,}7км/с$$

Ответ: *15,8 км/с; 30,7 км/с*

Задачи

2 Сколько раз за время своего существования Солнце успело обернуться вокруг центра Галактики?

Дано:

$T=5\cdot 10^9$ лет

$T_c=2,5\cdot 10^8$ лет

n – ?

Решение:

$$n = \frac{T}{T_C}$$

$$n = \frac{5\cdot 10^9\ лет}{2,5\cdot 10^8\ лет} = 20$$

Ответ: *20 раз*

Задачи

1. Определите массу Большой газопылевой туманности в Орионе, если ее видимые размеры составляют около 1°, а расстояние до нее 400пк , а плотность газопылевой среды 10^{-19} кг/м^3.

Дано:

α=1°

r=400 пк

ρ=10 $^{-19}$кг/м^3

M – ?

Решение:

$$M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho \qquad R = r\sin\frac{\alpha}{2}$$

$$R = 400пк \cdot \sin 0{,}5° = 3{,}5пк$$

$$M = \frac{4}{3}\cdot 3{,}14\cdot(3{,}5\cdot 3\cdot 10^{16}\,м)^3\cdot 10^{-19}\,кг/м^3 = 4{,}8\cdot 10^{32}\,кг \approx 240 M_{\odot}$$

Ответ: *240 M_C*

Задачи

2 Планетарная туманность в созвездии Лиры имеет угловой диаметр 83’’ и находится от нас на расстоянии в 660пк. Каковы ее линейные размеры в астрономических единицах?

Дано:

d=83’’

r=660пк

D – ?

Решение:

$$D = \frac{d'' \cdot r}{206265''}$$

$$D = \frac{83'' \cdot 660 пк}{206265''} \approx 0{,}27 пк$$

$$1 пк = 206265 а.е.$$

$$D = 0{,}27 \cdot 206265 а.е. = 55691{,}6 а.е.$$

Ответ: *0,27пк, 55691,6 а.е.*

Задачи

2. Галактика удаляется от нас со скоростью 6000км/с и имеет видимый угловой размер 2’. Определите расстояние до галактики и ее линейные размеры.

Дано:

$\upsilon_r = 6 \cdot 10^3$ км/с

$\alpha = 2' = 0{,}033°$

D – ?

d – ?

Решение:

$$\vartheta_r = HD$$

$$D = \frac{\vartheta_r}{H}$$

$$D = \frac{6 \cdot 10^3 \, км/с}{75 \, км/с/Мпк} = 80 Мпк$$

$$d = D \sin\alpha$$

$$d = 80 \cdot 10^6 \, пк \cdot \sin 0{,}033° = 4{,}7 \cdot 10^4 \, пк$$

Ответ: *80 Мпк, 47 кпк*

Задачи

1. В спектре галактики, которая имеет видимую звездную величину $15{,}2^m$, линия водорода (λ_0=656,3нм) смещена к красному концу спектра на $\Delta\lambda$=21,9нм. Вычислите скорость удаления галактики, расстояние до нее, абсолютную звездную величину и светимость галактики.

Дано:

m=15,2^m

λ_0=656,3нм

$\Delta\lambda$=21,9нм

υ_r – ?

r – ?

L – ?

M – ?

Решение:

$$\vartheta_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} c \qquad \vartheta_r = \frac{21{,}9 нм}{656{,}3 нм} \cdot 3 \cdot 10^5 км/с = 10^4 км/с$$

$$r = \frac{\vartheta_r}{H} \qquad r = \frac{10^4 км/с}{75 км/с/Мпк} = 133 Мпк$$

$$M = m + 5 - 5\lg r$$

$$M = 15{,}2 + 5 - 5\lg(1{,}33 \cdot 10^8 пк) = -20{,}4^m$$

$$L = 2{,}512^{4{,}8-m} \cdot L_\Theta$$

$$L = 2{,}512^{4{,}8+20{,}4} \cdot L_\Theta = 1{,}2 \cdot 10^{10} \cdot L_\Theta$$

Ответ: *10^4км/с; 133 Мпк; 1,2 $\cdot 10^{10} L_c$; -20,4^m*

Задачи

2. Величина, обратная постоянной Хаббла, дает примерную оценку времени, которое прошло с момента начала расширения Вселенной. Подсчитайте это время.

Дано:

H=75 км/(с·Мпк)

t – ?

Решение:

$$t = \frac{1}{H}$$

$$t = \frac{1}{75 \cdot 10^3\, м/с/Мпк} = \frac{3 \cdot 10^{22}\, м}{75 \cdot 10^3\, м/с} = 4 \cdot 10^{17}\, с \approx 13 млрд.лет$$

Ответ: *13 млрд. лет*

Задачи

1. Представьте, что на радиосигнал, принятый от цивилизации из галактики М 106, нами в адрес этой цивилизации отправлена ответная радиограмма. Сколько времени пришлось бы ждать ответа на нее, если расстояние до галактики М 106 составляет 10Мпк?

Дано:

r=10 Мпк

t – ?

Решение:

$$t = \frac{2r}{c}$$

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

Ответ: *65 млн.лет*

Задачи

2. Какое время (по счету на Земле) отец должен пробыть в космическом полете со скоростью 0,9с, чтобы после возвращения на Землю сравняться по возрасту со своим сыном? Возраст отца при отправке в полет принять равным 25 годам, сына – 1 году.

Дано:

u=0,9c

t_c=1 год

t_o=25лет

$t_з$ – ?

Решение:

$$t_c + t_з = t_o + t_з\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}$$

$$t_з = \frac{t_o - t_c}{1-\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}}$$

$$t_з = \frac{25лет - 1год}{1-\sqrt{1-\frac{(0,9c)^2}{c^2}}} = 42,5года$$

Ответ: *42,5 года*

Задачи муниципальных олимпиад

<u>7-8 класс</u>

1. Марс удобнее всего изучать во время противостояния, когда Земля находится между Марсом и Солнцем. Определите, через какой промежуток времени повторяются противостояния Земли и Марса. Марс совершает оборот вокруг Солнца за 687 земных дней, а Земля – за 365 дней.

7-8 класс

1. Марс удобнее всего изучать во время противостояния, когда Земля находится между Марсом и Солнцем. Определите, через какой промежуток времени повторяются противостояния Земли и Марса. Марс совершает оборот вокруг Солнца за 687 земных дней, а Земля – за 365 дней.

Решение:

За промежуток времени T от одного противостояния до другого Марс совершает k оборотов, а Земля (k + 1) оборот (k не обязательно целое). Этот промежуток времени выражается через периоды обращения Земли и Марса вокруг Солнца $T_З$ и $T_М$ следующим образом: $T = (k + 1)T_З - kT_М$. Отсюда находим $k = T_З/(T_М - T_З)$ и $T = T_З T_М/(T_М - T_З)$.

Подставляя численные значения $T_З$ и $T_М$, получаем $T \approx 779$ дней.

Два космических аппарата будущего стартуют с Земли со скоростями относительно Солнца 1000 км/с и 10000 км/с соответственно. Первый летит к экзопланете Проксима Центавра b (параллакс π=768,7 миллисекунды дуги), а второй к планетной системе вокруг звезды TRAPPIST-1 (расстояние 39,50 световых лет). По прилёту оба корабля сразу же отправят некоторые данные на Землю с помощью радиосвязи. Данные от какого корабля придут раньше и на сколько? Ответ представьте в годах с корректным числом значащих цифр. Временем полёта внутри планетных систем пренебречь.

Два космических аппарата будущего стартуют с Земли со скоростями относительно Солнца 1000 км/с и 10000 км/с соответственно. Первый летит к экзопланете Проксима Центавра b (параллакс π=768,7 миллисекунды дуги), а второй к планетной системе вокруг звезды TRAPPIST-1 (расстояние 39,50 световых лет). По прилёту оба корабля сразу же отправят некоторые данные на Землю с помощью радиосвязи. Данные от какого корабля придут раньше и на сколько? Ответ представьте в годах с корректным числом значащих цифр. Временем полёта внутри планетных систем пренебречь.

Решение:

Найдём время полёта до каждой звезды.

1) Проксима Центавра b

Расстояние $r = \frac{1}{\pi} = 1{,}3$ пк $= 4{,}015 \cdot 10^{16}$ м

Время $\tau = \frac{r}{v} = 4{,}015 \cdot 10^{10}$ сек $= 1272{,}3$ года

2) Звезда TRAPPIST-1

Расстояние $r = 39{,}5 \times 24 \times 3600 \times 365{,}25 \times 3 \cdot 10^{8}$м $= 3{,}74 \cdot 10^{17}$ м

Время $\tau = \frac{r}{v} = 1185$ лет

(это же время можно найти проще: $\tau = 39{,}5 \times \frac{300000\ \text{км/с}}{10000\ \text{км/с}} = 1185$ лет)

Учтём, что данные, отправленные с аппаратов, будут лететь до получателя на Земле разное время.

$t_1 = 1272{,}3 + 1{,}3 \times 3{,}26 = 1276{,}5$ года (3,26 – число световых лет в 1 парсеке; можно найти расстояние в световых годах и иначе, например, 1272,3*1000/300000)

$$t_2 = 1185 + 39.5 = 1224{,}5 \text{ года}$$

9 класс.

2. Солнце находится на расстоянии 7,5 кпк от центра Галактики и вот уже 4.6 млрд. лет движется со скоростью 220 км/с. Чему равен галактический год? Сколько галактических лет Солнцу?

9 класс.

2. Солнце находится на расстоянии 7,5 кпк от центра Галактики и вот уже 4.6 млрд. лет движется со скоростью 220 км/с. Чему равен галактический год? Сколько галактических лет Солнцу?

$$\text{Решение: } T = \frac{2\pi R}{V} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 7500 \cdot 3 \cdot 10^{16}\ м}{220000 м/с} = 0{,}64 \cdot 10^{16}\ с = \frac{0{,}64 \cdot 10^{16}\ с}{3{,}15 \cdot 10^{7}\ с/год} \approx 200 \cdot 10^{6}\ лет$$

Зная возраст Солнца около 4.6 млрд. лет, 4.6/0.2 = 23

Ответ: примерно 23 года (с точностью до знания возраста Солнца)

10 класс

3. Радиус одного из астероидов составляет 5 км. Его плотность составляет 5,5 г/см^3. Определите ускорение свободного падения на его поверхности. Определите, на какую высоту поднялся бы человек, находящийся на астероиде и подпрыгнувший с усилием, достаточным для прыжка на высоту 5 см на Земле. Считайте, что астероид имеет форму шара.

10 класс

3. Радиус одного из астероидов составляет 5 км. Его плотность составляет 5,5 г/см^3. Определите ускорение свободного падения на его поверхности. Определите, на какую высоту поднялся бы человек, находящийся на астероиде и подпрыгнувший с усилием, достаточным для прыжка на высоту 5 см на Земле. Считайте, что астероид имеет форму шара.

Решение:

Пусть M_a – масса астероида. С учетом закона всемирного тяготения и второго закона Ньютона ускорение свободного падения

на астероиде $g_a = \frac{GM_a}{r^2}$ (1). Представим массу астероида через объем шара и плотность: $M_a = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_a$, отсюда $g_a = \frac{4}{3}G\rho_a \pi r = 0{,}008$ м/с^2. По условию задачи человек в момент прыжка на Земле и на астероиде обладает одной и той же кинетической энергией. Поэтому потенциальная энергия в высшей точке подъема как на Земле, так и на астероиде будет одинакова: $mg_a h_a = mgh$, откуда $h_a = \frac{g}{g_a} h \approx 64$ м. Полученное значение не является точным: на самом деле прыжок будет выше, так как значение ускорения свободного падения убывает с высотой по закону, даваемому формулой (1).

Задание 2. Представьте, с Земли удалили атмосферу и воду, после чего планету сжали, сохраняя пропорции, до размеров бильярдного шара (рис.). Можно ли считать ее поверхность на ощупь гладкой в сравнении с бильярдным шаром? Известно, что диаметр бильярдного шара 60 мм, а неровности (выступы) на нем ощутимы, если превышают 25 мкм. Самая высокая на Земле гора – Эверест – имеет высоту около 9 км. Объясните, почему в качестве критерия неровности на ощупь не рассматривается наиболее глубокая впадина на Земле – Марианская, глубина которой составляет примерно 11 км.

Задание 2. Представьте, с Земли удалили атмосферу и воду, после чего планету сжали, сохраняя пропорции, до размеров бильярдного шара (рис.). Можно ли считать ее поверхность на ощупь гладкой в сравнении с бильярдным шаром? Известно, что диаметр бильярдного шара 60 мм, а неровности (выступы) на нем ощутимы, если превышают 25 мкм. Самая высокая на Земле гора – Эверест – имеет высоту около 9 км. Объясните, почему в качестве критерия неровности на ощупь не рассматривается наиболее глубокая впадина на Земле – Марианская, глубина которой составляет примерно 11 км.

Решение

№	Этапы решения	Баллы
1	Коэффициент сжатия Земли: $K = \frac{2R}{d} = \frac{2 \cdot 6370 \cdot 10^3}{60 \cdot 10^{-3}} = 2{,}12 \cdot 10^8$	**2**
2	Высота уменьшенного Эвереста: $h_1 = \frac{h}{K} = \frac{9 \cdot 10^3}{2{,}12 \cdot 10^8} = 4 \cdot 10^{-5} = 40 мкм > 25 мкм$ Т.е. неровности ощутимы на шаре	**3**
3	Впадины на Земле не рассматриваются в качестве критерия неровности, поскольку размер пальца существенно превышает характерный размер уменьшенной впадины; стало быть, палец в нее не проникает и впадина остается незамеченной.	**5**

Определите массу Юпитера в массах Земли, путём сравнения системы Юпитер – Европа с системой Земля – Луна, если известно, что спутник Европа отстоит от него на расстоянии 671 тыс. км и обращается с периодом 3,55 суток.

Определите массу Юпитера в массах Земли, путём сравнения системы Юпитер – Европа с системой Земля – Луна, если известно, что спутник Европа отстоит от него на расстоянии 671 тыс. км и обращается с периодом 3,55 суток.

Дано:

T1=3,55 сут

T2=27,3 сут

a1=671000км

a2=384000км

M2=1

M1– ?

$$\frac{T_1^2(M_1+m_1)}{T_2^2(M_2+m_2)}=\frac{a_1^3}{a_2^3}$$

$$\frac{M_1}{M_2}=\frac{T_2^2}{T_1^2}\cdot\frac{a_1^3}{a_2^3}$$

$$M_1=\frac{T_2^2}{T_1^2}\cdot\frac{a_1^3}{a_2^3}\cdot M_3$$

$$M_1=\frac{(27{,}3сут)^2}{(3{,}55сут)^2}\cdot\frac{(671000км)^3}{(384000км)^3}\cdot M_3=316M_3$$

Ответ: 316 масс Земли