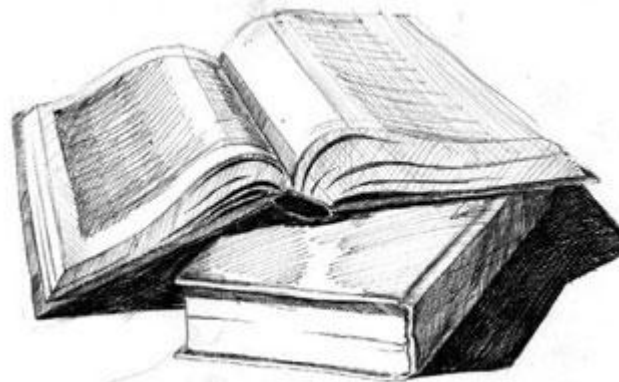


Министерство образования и науки Российской Федерации
Академия повышения квалификации и профессиональной
переподготовки работников образования

XXIV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

Заключительный этап
г. Смоленск, 20-26 марта 2017 г.

Теоретический тур





IX.1 СЕВЕРНЫЙ ЭКСПРЕСС

Поезд движется точно на север. При наблюдении из этого поезда в момент пересечения Северного полярного круга Солнце появилось в точке севера и стало восходить, двигаясь под углом 5 градусов к горизонту. Определить скорость поезда. Рельефом Земли, рефракцией и угловыми размерами Солнца пренебречь.



IX.1 СЕВЕРНЫЙ ЭКСПРЕСС

$\phi = +66.6^\circ$; $\delta = \varepsilon = +23.4^\circ$. Летнее солнцестояние

$$v = \frac{2\pi R \cos \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \gamma}{T} = 135 \text{ км/ч.}$$

$$\omega_V = \omega_H \operatorname{tg} \gamma = \frac{v}{R} = 1.2^\circ / \text{ч.}$$

Север

$$\omega_H = \frac{2\pi \cos \varepsilon}{T} = 13.8^\circ / \text{ч.}$$



IX.1 СЕВЕРНЫЙ ЭКСПРЕСС



Распространенная ошибка:

Оценка:
не выше 6 баллов.





Система оценивания:

Угловая скорость суточного движения Солнца	8
(Не учтен $\cos \varepsilon$)	(6)
Анализ вертикального движения Солнца	4
Скорость поезда	4

ИТОГО 16

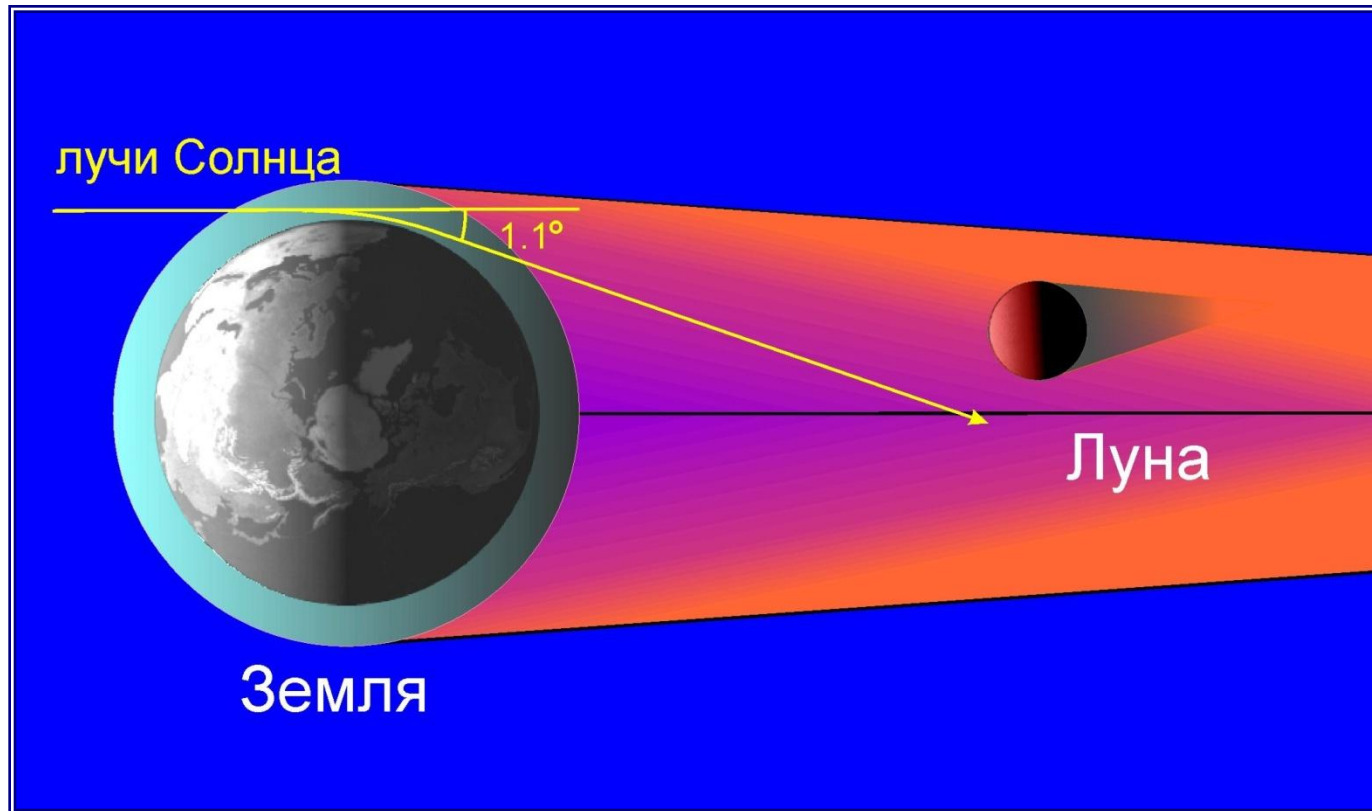


IX.2 ТЕНЬ САХАРЫ НА ЛУНЕ

На Земле наступило полное лунное затмение. В ходе его наблюдений в момент начала полной фазы ученые получили возможность исследовать состав атмосферы Земли над пустыней Сахара (28° с.ш., 10° в.д.), а в середине затмения центр видимого диска Луны совпал с центром земной тени. Определите примерную дату и всемирное время начала полного затмения. Было ли это затмение видно в России?



Исследования атмосферы по наблюдениям лунных затмений

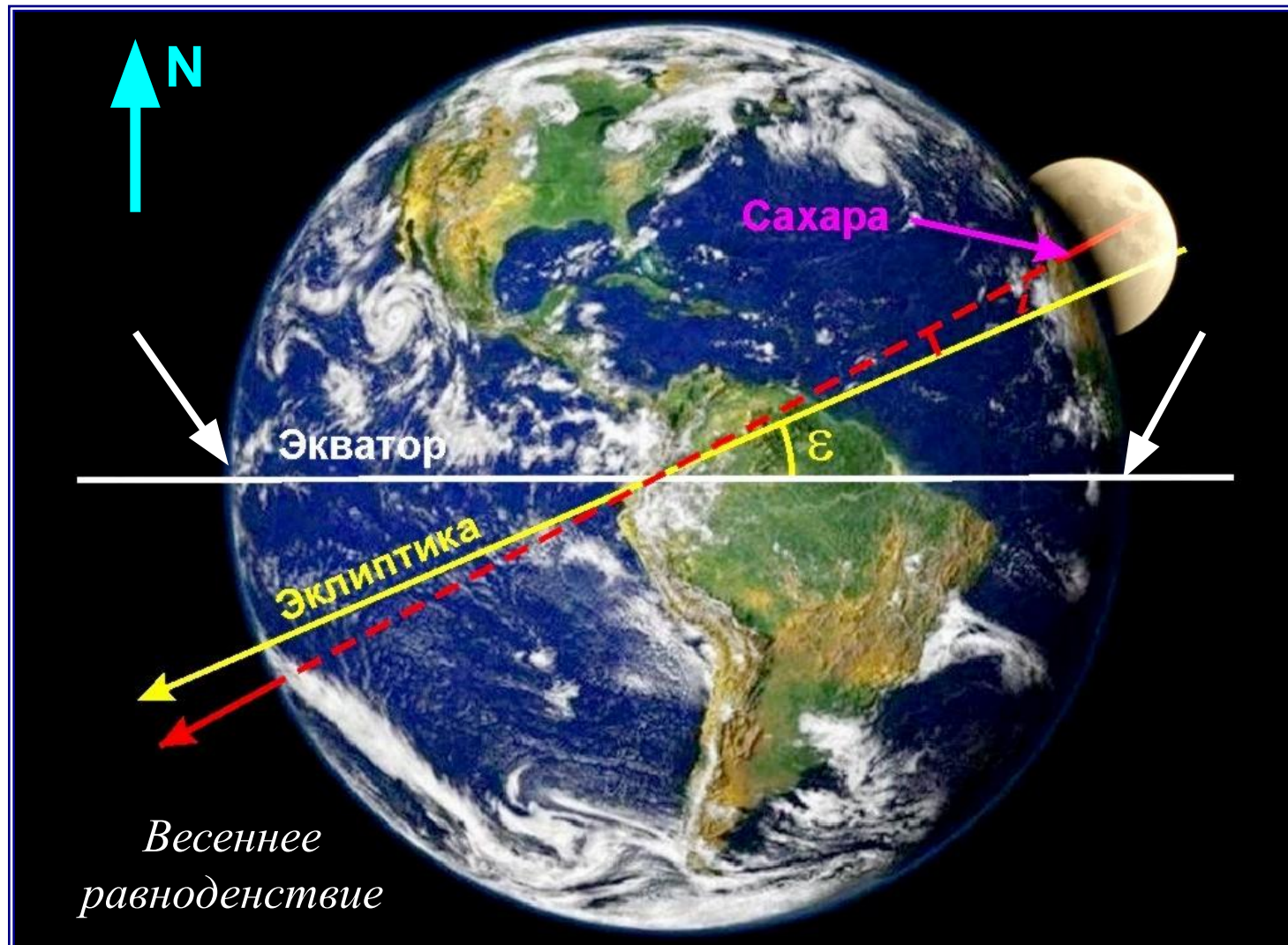




IX.2 ТЕНЬ САХАРЫ НА ЛУНЕ

Вид со стороны Солнца. $\varepsilon + i \approx 28^\circ$

$UT = T - \lambda = 17\text{ч}20\text{м.}$
Затмение видно в России





IX.2 ТЕНЬ САХАРЫ НА ЛУНЕ

Система оценивания:

Весеннее равноденствие (Осеннее равноденствие)	(2)	6	
Заход Солнца в Сахаре (Восход)	(2)	6	
Всемирное время		2	
Видимость затмения в России (обосновано!)			2

ИТОГО 16

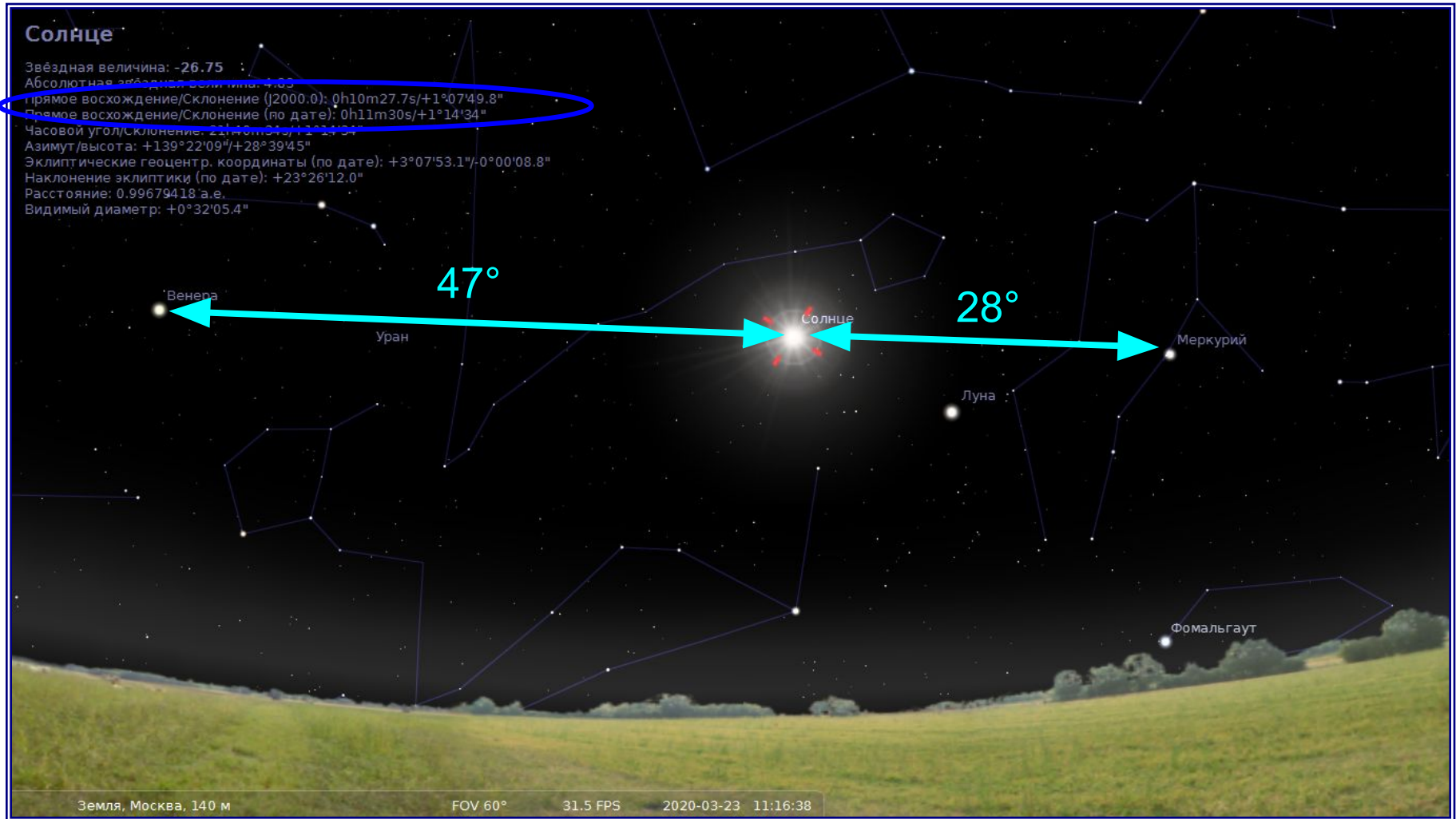


В таблице приведены экваториальные координаты Меркурия, Венеры и Марса на Земле в некоторый момент времени. Считая орбиту Марса круговой, определите его угловой диаметр в этот момент.

Планета	Прямое восхождение, α	Склонение, δ
Меркурий	22ч33.2м	$-10^{\circ} 27'$
Венера	03ч06.0м	$+20^{\circ} 34'$
Марс	18ч15.7м	$-23^{\circ} 32'$



Угловое расстояние между Меркурием и Венерой – около 75°

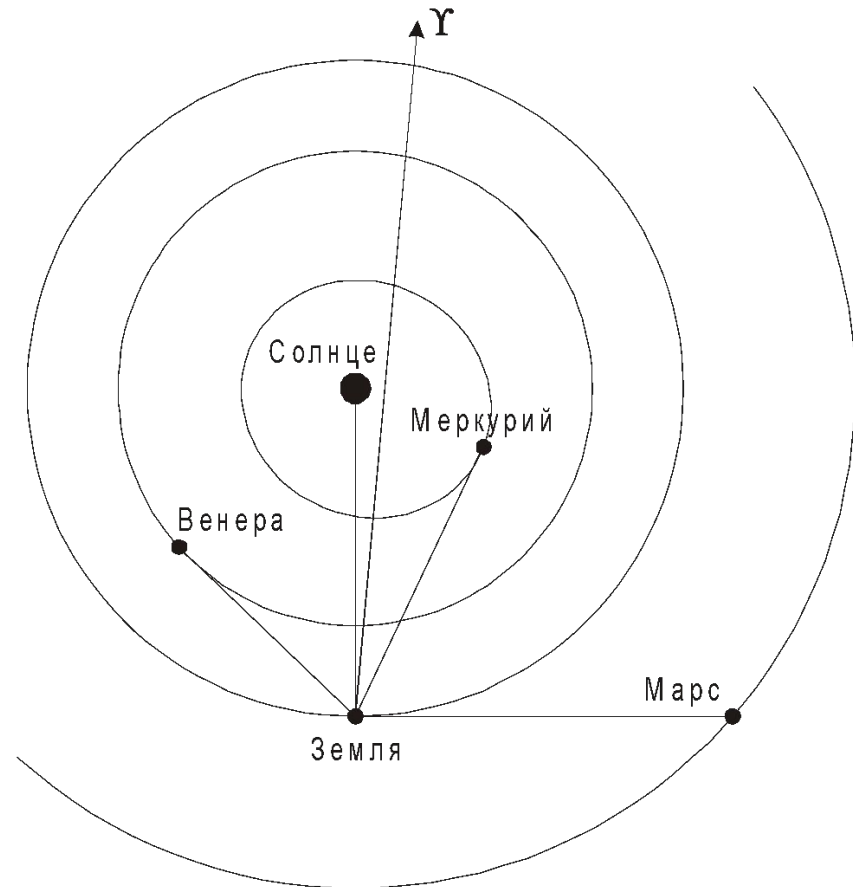




Марс в западной квадратуре

Угловой диаметр:

$$d = \frac{D}{\sqrt{a^2 - a_0^2}} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ рад} = 8''.$$





Система оценивания:

Угловое расстояние между Меркурием и Венерой	4
Противоположные элонгации	4
Положение Солнца	2
Квадратура Марса (либо его угловое расстояние от Солнца)	2
Угловой диаметр Марса	4

ИТОГО 16



IX.4 ЗВЕЗДА У ЗЕНИТА

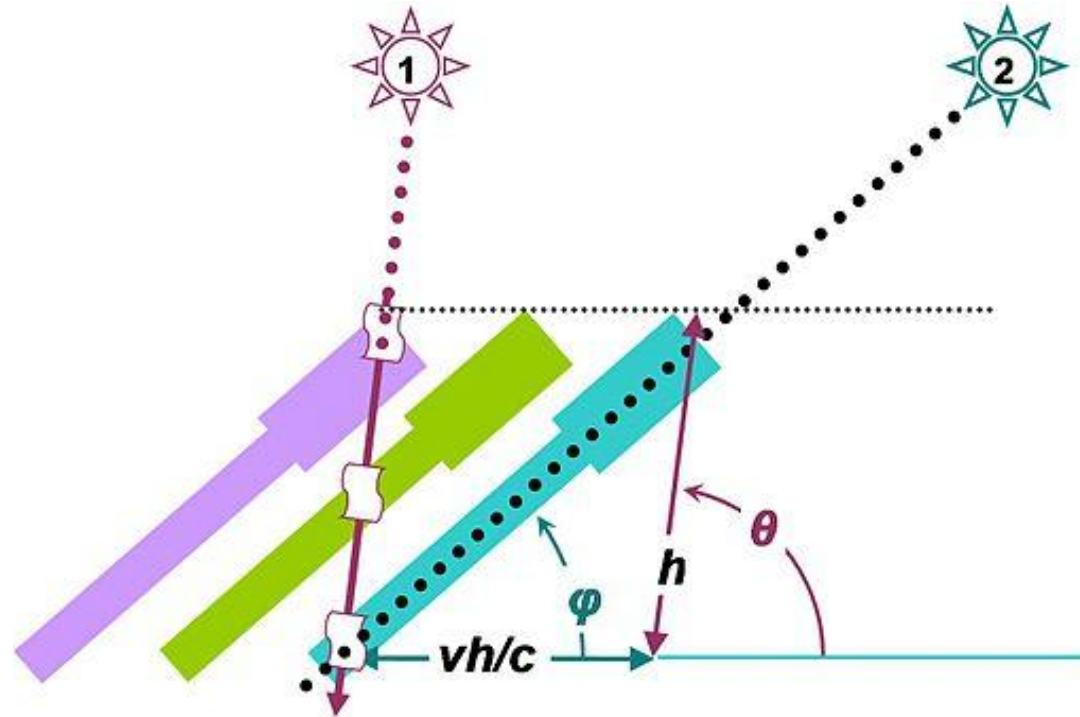
В начале XVIII века английский астроном Джеймс Бредли пытался определить параллакс звезды Этамин (γ Дракона) в обсерватории в Ванстеде, Лондон ($51^{\circ}34'40''$ с.ш., $0^{\circ}01'43''$ в.д.). Параллакс он не обнаружил, но открыл явление абберации света, вызванное движением Земли и конечностью скорости света. Тем самым Бредли доказал вращение Земли вокруг Солнца и существенно уточнил величину скорости света. В какой сезон и в какое местное (среднее солнечное) время эта звезда оказывалась ближе всего к зениту? Чему было равно минимальное зенитное расстояние звезды? Склонение звезды на эпоху наблюдений было равно $+51^{\circ}32'06''$, прямое восхождение считать равным точно 18ч. Эксцентриситетом орбиты Земли, прецессией, уравнением времени, нутацией, параллаксом и собственным движением звезды пренебречь.

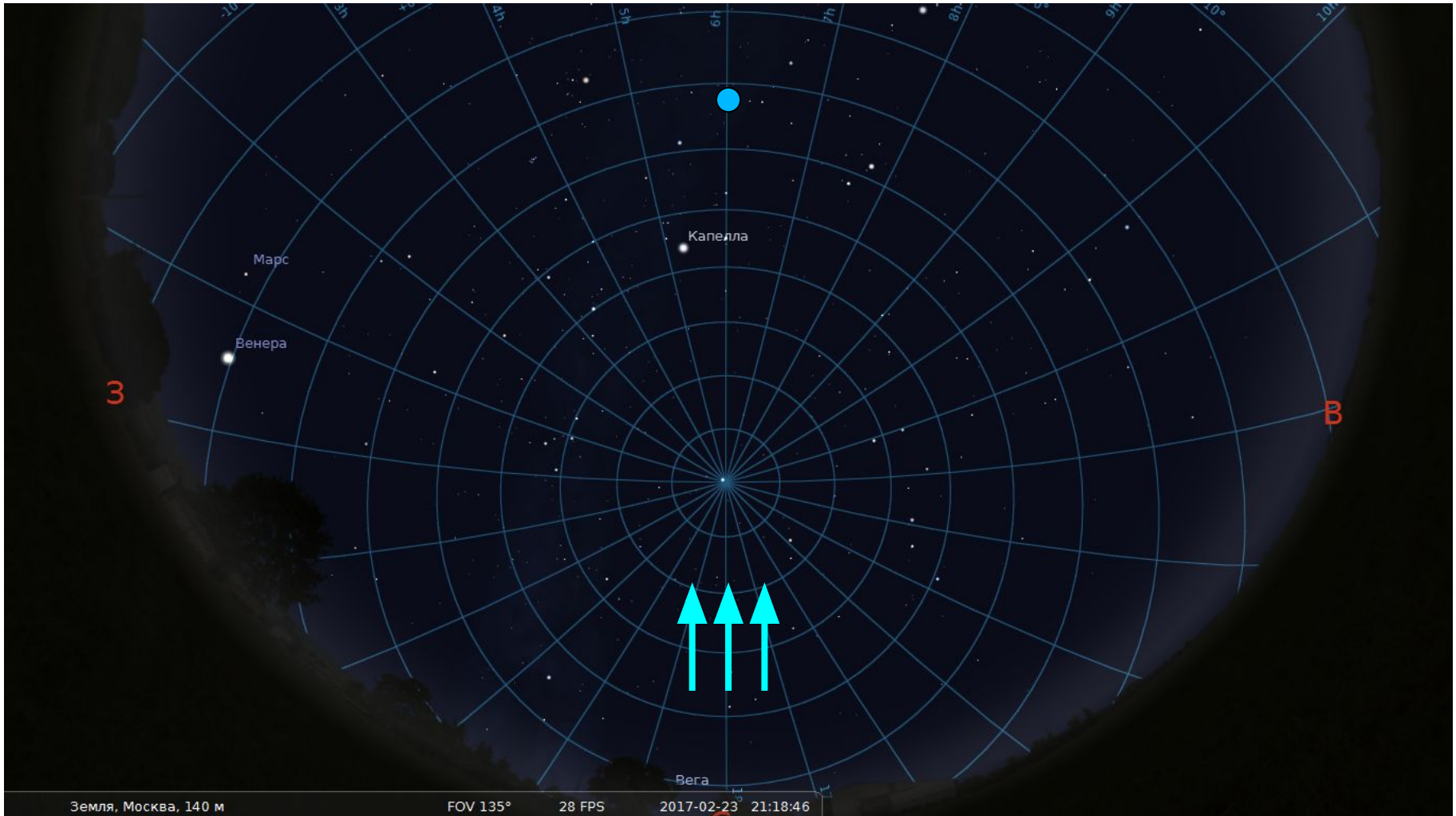
IX.4 ЗВЕЗДА У ЗЕНИТА



Аберрация света:

$$\gamma = v \sin\theta / c.$$





IX.4 ЗВЕЗДА У ЗЕНИТА



Отклонение луча света:

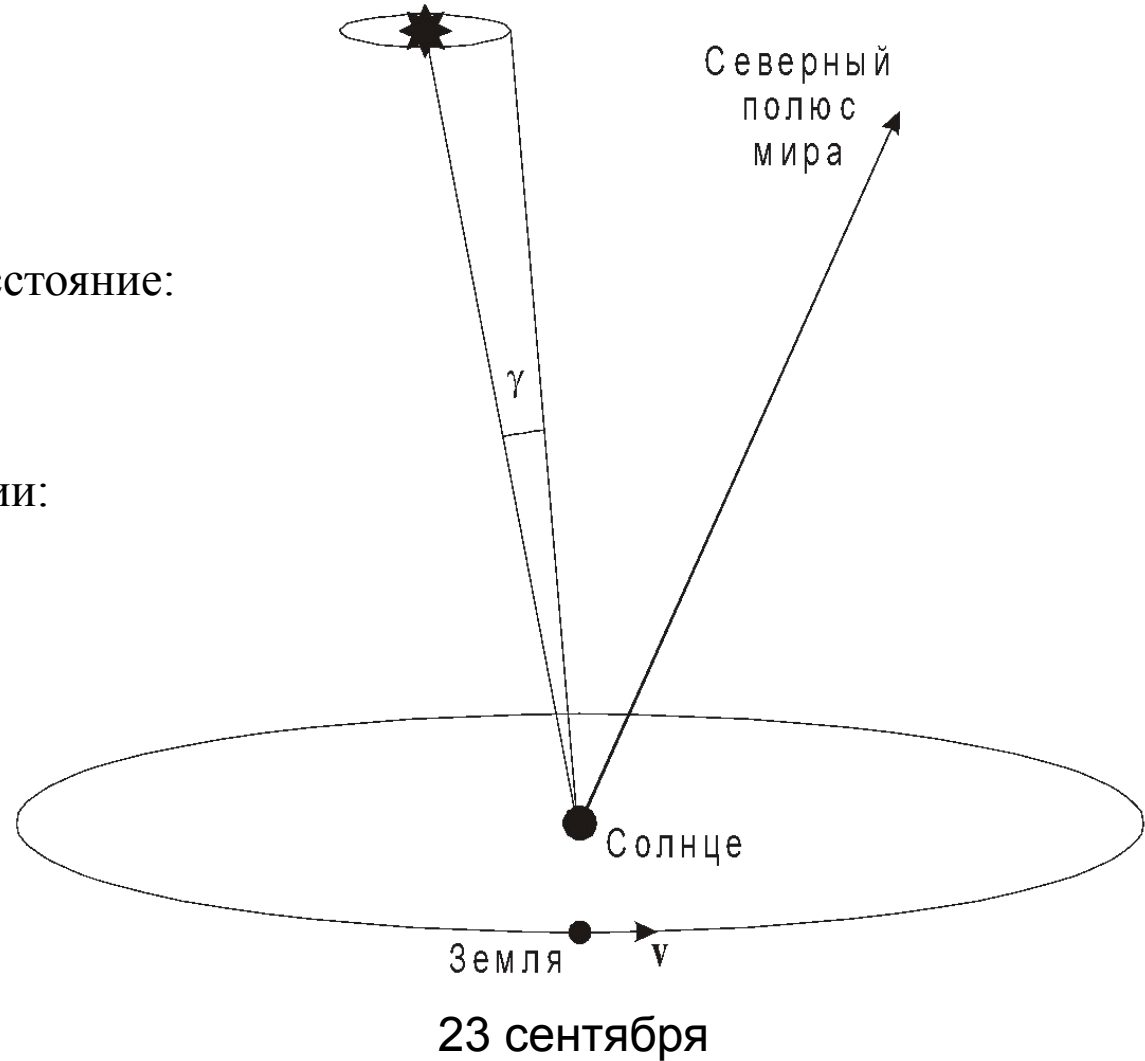
$$\gamma = v/c = 10^{-4} \text{ рад} \sim 20''.$$

Минимальное зенитное расстояние:

$$z = \phi - \delta - \gamma = 2'14''.$$

Местное время кульминации:

$$T = S = \alpha = 18\text{ч}$$





IX.4 ЗВЕЗДА У ЗЕНИТА

Система оценивания:

Направление сдвига		2	
Величина сдвига		2	
Сезон	4		
Местное время		4	
Минимальное зенитное расстояние			4
<hr/>			
ИТОГО	16		
Ошибочное направление		≤ 10	
Игнорирование явлением абберации			≤ 4



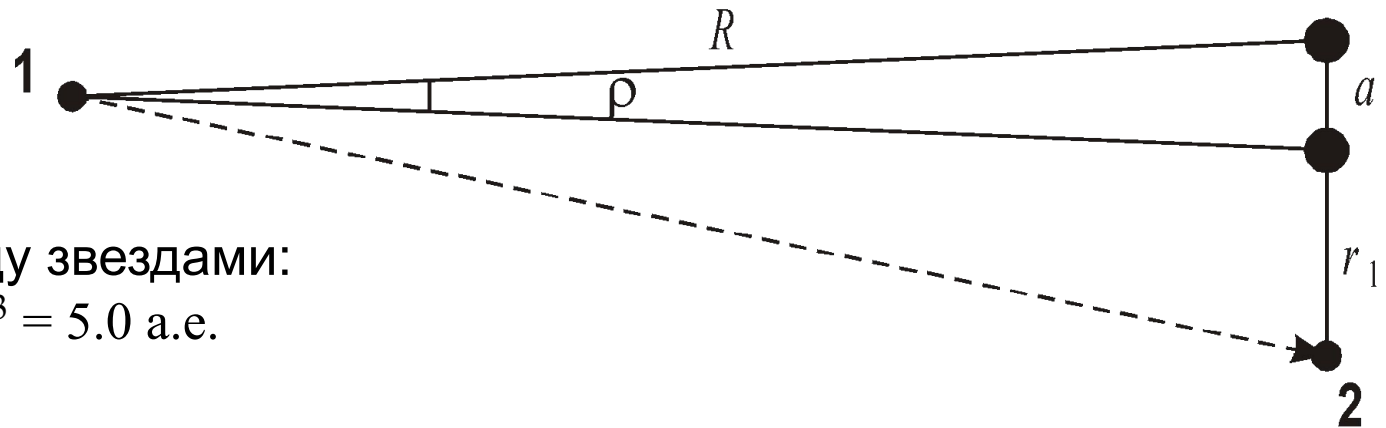
IX.5 ВБЛИЗИ ДВОЙНОГО КАРЛИКА

Штурман космического корабля наблюдает за двойной системой, состоящей из двух одинаковых белых карликов с массой каждого, равной массе Солнца, движущихся по круговой орбите с периодом 7.9 лет. В некоторый момент расстояние от корабля до обеих компонент системы было одинаковым, видимый блеск каждой из них был равен -1^m , а угловое расстояние между ними составляло $14'19.4''$. Через некоторое время корабль, пролетая вблизи этой системы, оказался практически на одной линии со звездами на расстоянии 15 а.е. от ближайшей из них. Какую суммарную звездную величину будет иметь система в этот момент, если штурман видит обе звезды полностью?



IX.5

ВБЛИЗИ ДВОЙНОГО КАРЛИКА



Расстояние между звездами:

$$a = (T^2 \cdot (M_1 + M_2))^{1/3} = 5.0 \text{ а.е.}$$

Первоначальное расстояние до звезд:

$$R = a / \rho \text{ (рад)} = 1200 \text{ а.е.}$$

Расстояния до звезд в момент 2:

$$r_1 = 15 \text{ а.е.} = R/80; \quad r_2 = 20 \text{ а.е.} = R/60;$$

Изменение яркости:

$$J/J_1 = 80^2 + 60^2 = 10000.$$

Звездная величина: $m = -1 - 10 = -11.$



Система оценивания:

Расстояние между звездами		4	
(Одинарная масса)	(0)		
Расстояние до звезд в первый момент		2	
Расстояние до звезд во второй момент			4 (2+2)
Звездная величина	6		
<hr/>			
ИТОГО		16	



Когда межпланетная станция **New Horizons** пролетала около Плутона (радиус 1190 км) на расстоянии 33 а.е. от Солнца, угловой диаметр Плутона был больше одного градуса всего около 5 часов. В середине этого интервала угловой диаметр Плутона достиг 10° . Сможет ли эта межпланетная станция вылететь из Солнечной системы? Оцените, за какое время станция долетит до орбиты тела 2014 MU69, если радиус этой орбиты равен 44 астрономическим единицам. Орбиту этого тела можно считать круговой.



Расстояние, с которого Плутон имеет заданный угловой диаметр:

$$L = \frac{2R}{\sin \alpha} = 135000 \text{ км.}$$

Скорость аппарата относительно Плутона:

$$v = 2L/t = 54000 \text{ км/ч} = 15 \text{ км/с.}$$

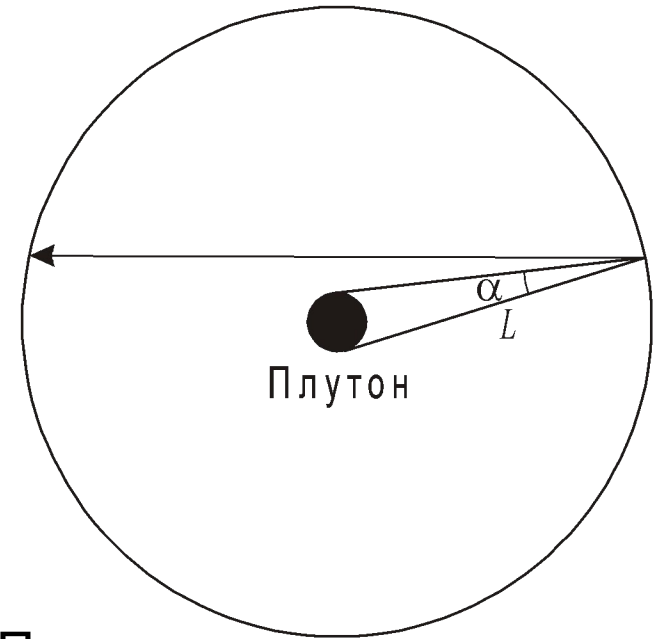
Параболическая скорость на расстоянии Плутона:

$$v_1 = v_0 \sqrt{\frac{2}{a_1}} = 7.3 \text{ км/с.}$$



Аппарат летит практически от Солнца с постоянной скоростью

Время перелета к 2014 MU69: $t = \frac{a_2 - a_1}{v} = 3.5 \text{ года.}$





Система оценивания:

Расстояние, соответствующее 1°	4	
Скорость аппарата относительно Плутона		4
(Ошибка в 2 раза)	(0)	
(Хорда, правильные вычисления)	(=)	
Аппарат покинет Солнечную систему		2
Радиальное направление скорости	2	
Время перелета к 2014 MU69	4	
<hr/>		
ИТОГО	16	



Океанский корабль движется в сторону севера, пересекая параллель $+60^\circ$ с.ш. Капитан корабля держит курс точно на Полярную звезду, забыв о том, что она не находится точно в Северном полюсе мира (склонение звезды на текущую эпоху $+89^\circ 20'$). Каково максимальное смещение корабля (в км) от прямолинейного курса (меридиана), если его скорость равна 30 км/ч? Считать, что оптические приборы на борту позволяют видеть Полярную звезду даже днем.

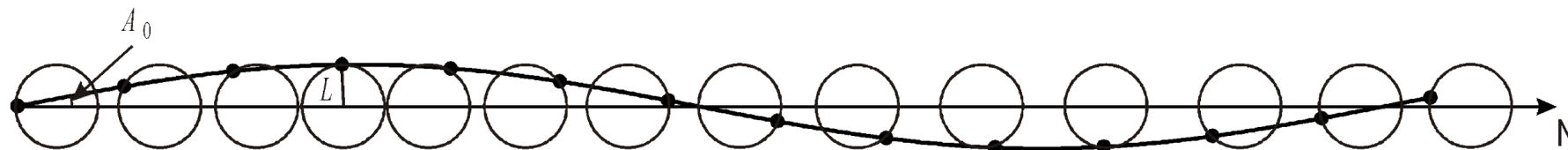


Полярная (α UMi) - HIP 11767

Звёздная величина: **1.95** (ослаблена до 2.17. В-В: **0.63**)
Абсолютная звёздная величина: -3.66
Прямое восхождение/Склонение (J2000.0): 2h31m50.5s/+89°15'51.4"
Прямое восхождение/Склонение (по дате): 2h53m3s/+89°20'12"
Часовой угол/Склонение: 6h01m4s/+89°20'12" (геометрические)
Часовой угол/Склонение: 6h00m4s/+89°20'12" (видимые)
Азимут/высота: +358°40'25"/+59°59'25" (геометрические)
Азимут/высота: +358°40'25"/+59°59'35" (видимые)
Спектральный класс: F7IIIIV_SB
Расстояние: 431.42 св. лет
Параллакс: 0.00756"

Отклонение азимута:

$$A_0 = \rho / \cos \phi = 80'$$



Максимальная поперечная скорость: $v_p = v \sin A_0 = 0.70$ км/ч.

Максимальное отклонение корабля от меридиана:

$$L = \frac{v_p T}{2\pi} = \frac{v \sin A_0 T}{2\pi} \approx \frac{v \rho T}{2\pi \cos \varphi} = 2.7 \text{ км.}$$

Х.1 ПУТЕВОДНАЯ ЗВЕЗДА



Система оценивания:

Отклонение азимута (40')	(0)	6	
Поперечная компонента скорости		4	
Максимальное отклонение от курса			6
<hr/>			
ИТОГО	16		



X.2 ЛУННЫЙ ЗВЕЗДНЫЙ КАТАЛОГ

На стационарной лунной обсерватории будущего проводится изучение атмосферы Земли на основе спектроскопии звезд у земного лимба. Для этой цели создан каталог звезд ярче 6^m , которые могут покрываться Землей при наблюдении из этой обсерватории. Оцените количество звезд в этом каталоге.



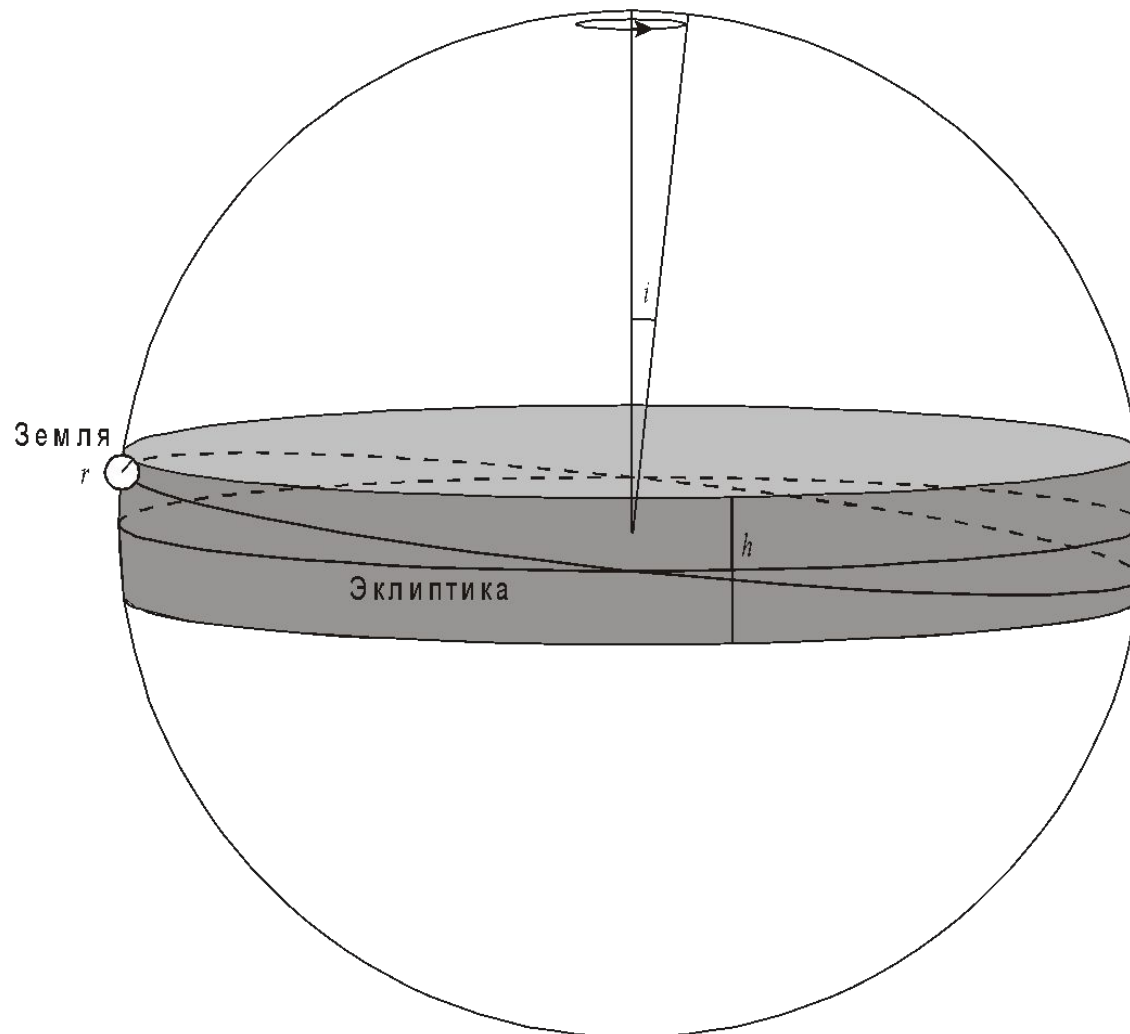
$$i = 5.15^\circ; \quad r = 1.02^\circ$$

Толщина пояса:
 $h = 2(i + r) \sim 12.3^\circ$.

Доля небесной сферы:

$$\eta = \frac{2\pi R^2 h}{4\pi R^2} = \frac{h}{2} \approx 0.107.$$

Число звезд: ~ 650





Система оценивания:

Факторы, влияющие на ширину области		10
(Прецессия орбиты Луны)	(6)	
(Видимые размеры Земли)	(4)	
(Величина либрации по широте, 7° , вместо $i+r$)		(-2)
(Параллакс, либрации, $2 \cdot 0.03^\circ$)	(=)	
(Параллакс, полный, $2 \cdot 0.25^\circ$)	(-4)	
(Ошибка в 2 раза для каждого фактора)		(-2)
Доля небесной сферы	4	
Число звезд	2	
<hr/>		
ИТОГО	16	

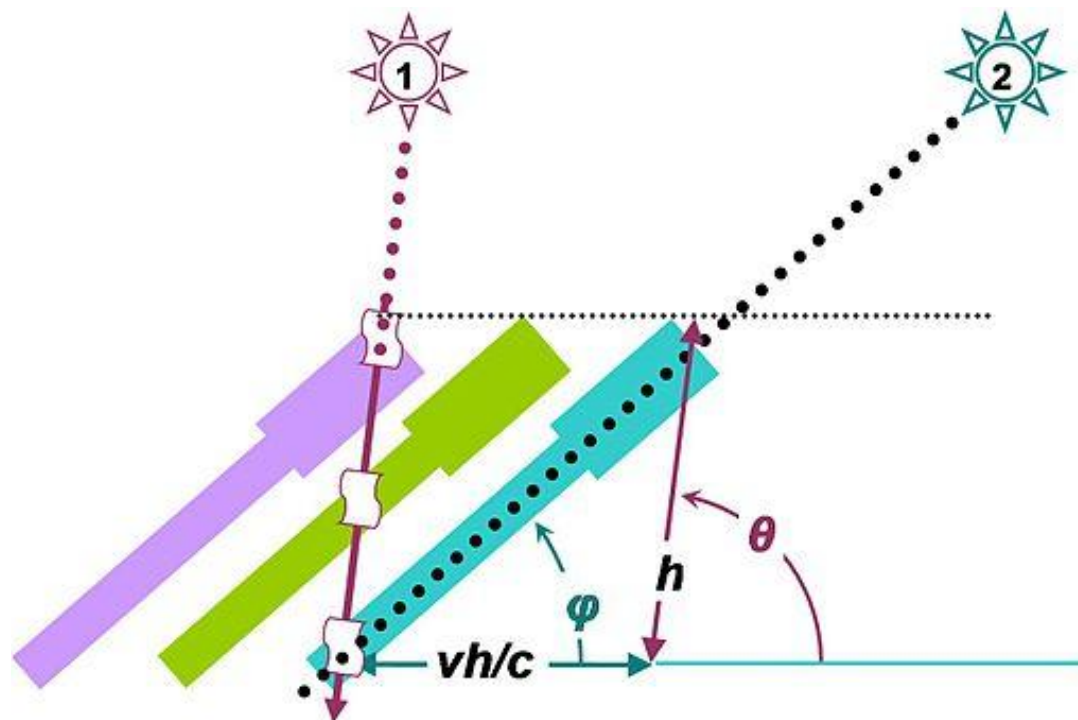


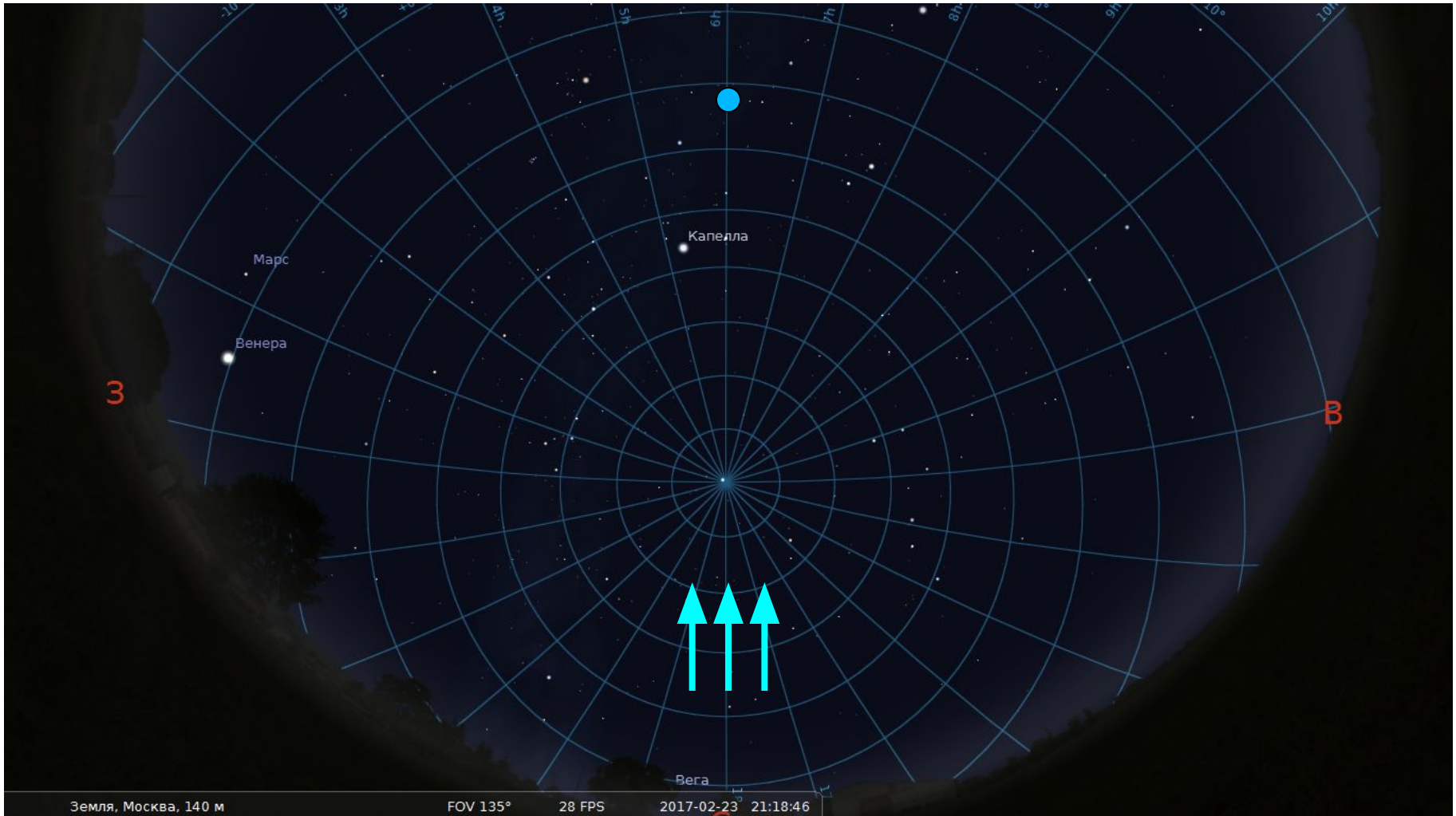
В какой сезон и в какое местное (среднее солнечное) время звезда Грумиум (ξ Дракона) может оказаться точно в зените в точке России с координатами $56^{\circ}52'00''$ с.ш., $30^{\circ}00'00''$ в.д.? Склонение звезды на эпоху 2017 года равно $+56^{\circ}52'13''$, прямое восхождение считать равным точно 18ч. Эксцентриситетом орбиты Земли, уравнением времени, прецессией, нутацией, параллаксом и собственным движением звезды пренебречь.

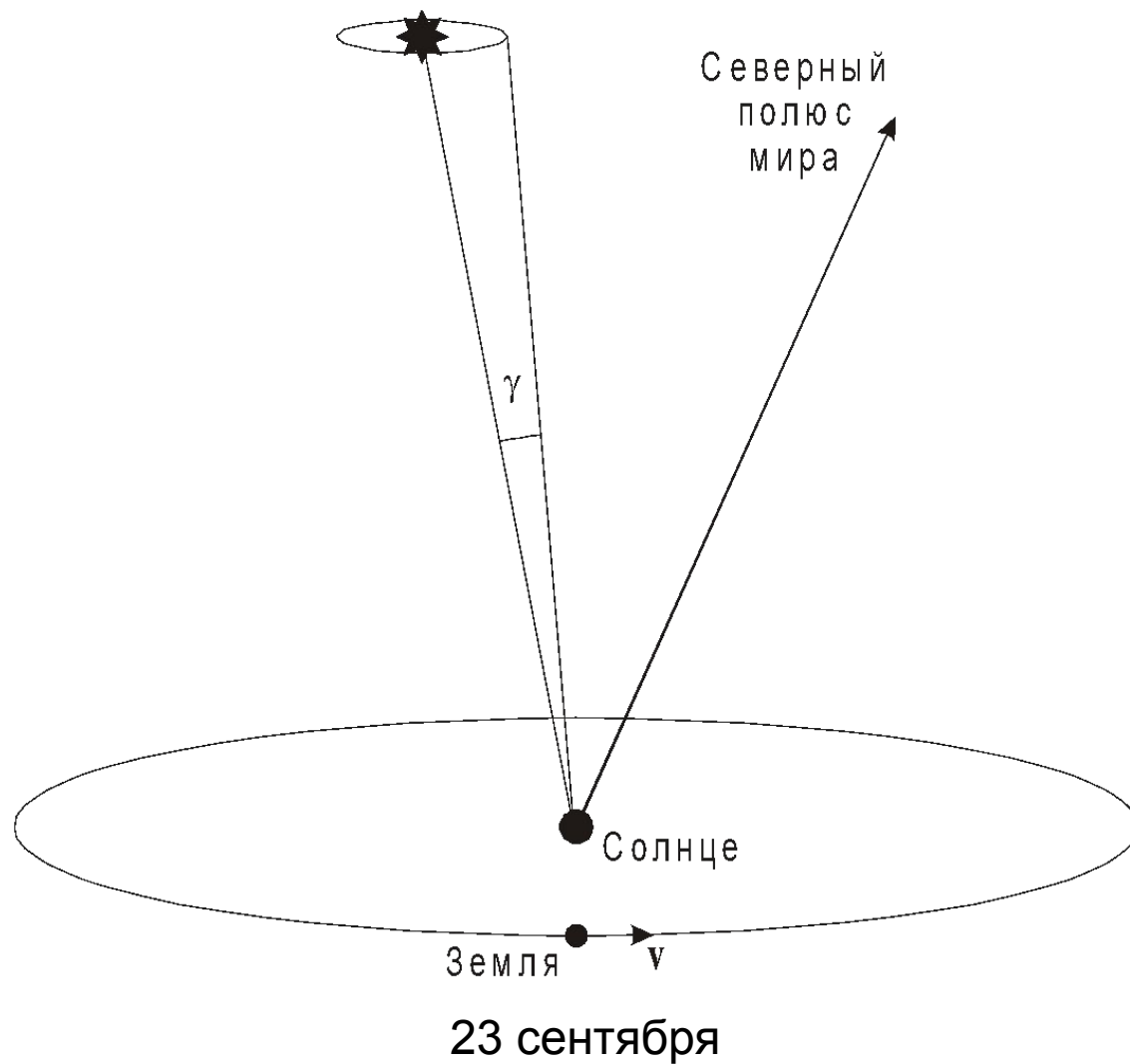


Аберрация света:

$$\gamma = v \sin\theta / c.$$









Отличие склонения звезды от широты: $\Delta\delta = +13''$.

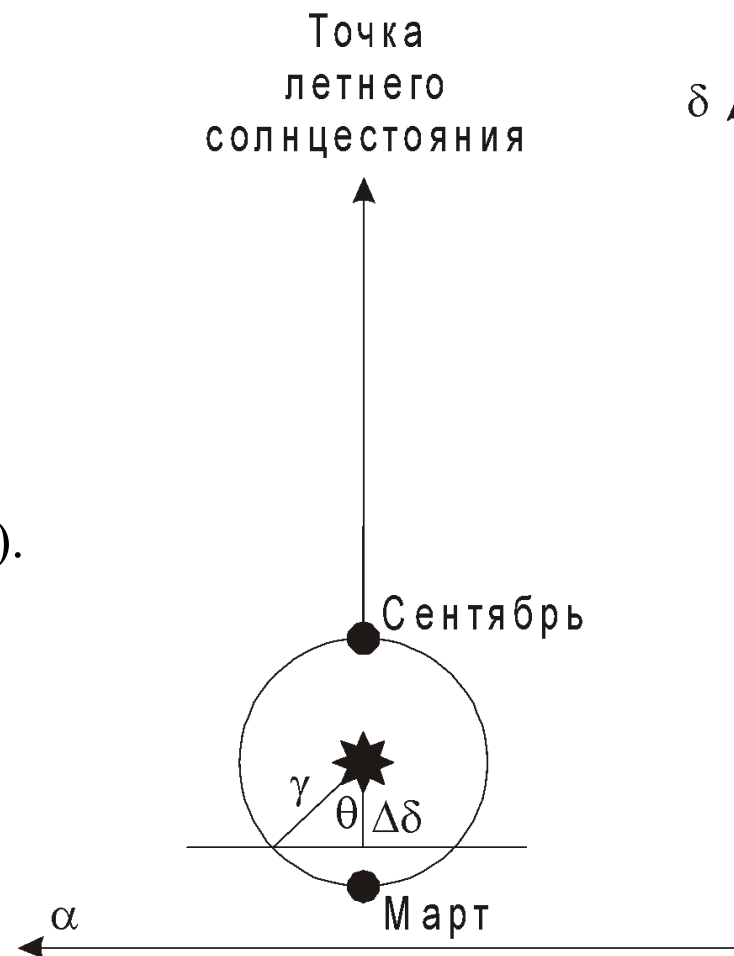
$$\theta = \arccos \frac{\Delta\delta}{\gamma} \approx 50^\circ = 3\text{ч}20\text{м.}$$

Примерные даты:

30 января ($S_0 = 8\text{ч} 40\text{м}$), 10 мая ($S_0 = 15\text{ч} 20\text{м}$).

Местное время:

$$T = \alpha - S = 9\text{м}20\text{с} \text{ или } 2\text{ч}40\text{м.}$$





Система оценивания:

Указание аберрации света		2
Величина сдвига	2	
Направление сдвига	4	
Сезон	4 (2+2)	
Местное время	4 (2+2)	

ИТОГО 16

Игнорирование явлением аберрации 2



Враждебные инопланетяне разрушили Луну, превратив ее в огромное количество шарообразных осколков диаметром 10 м. Все эти тела стали двигаться, равномерно заполнив пространство вокруг Земли между сферами размером с перигей и апогей лунной орбиты. Оцените концентрацию этих осколков и звездную величину всей полусферы ночного неба на Земле. Влиянием земной атмосферы пренебречь. Считать все осколки одинаковыми, а их плотность и оптические свойства аналогичными самой Луне.



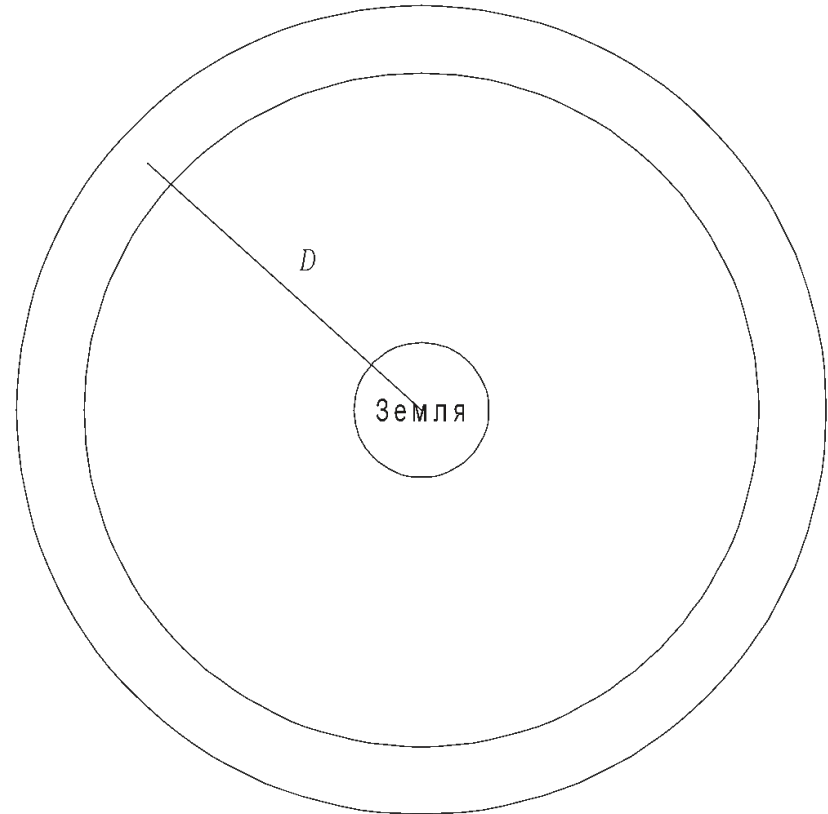
Число осколков: $N = (R/r)^3 = 4.2 \cdot 10^{16}$.

Объем слоя:

$$V = 4\pi D^2 \cdot 2De = 8\pi D^3 e = 7.8 \cdot 10^{16} \text{ км}^3.$$

Концентрация осколков:

$$n = N/V \sim 0.55 \text{ км}^{-3}$$





Яркость одного осколка: $j = Jr^2/R^2$ (J – яркость Луны *в первой четверти*)

Суммарная яркость ($N/2$) осколков:

$$J = (N/2)j = JR/2r.$$

Звездная величина фона неба:

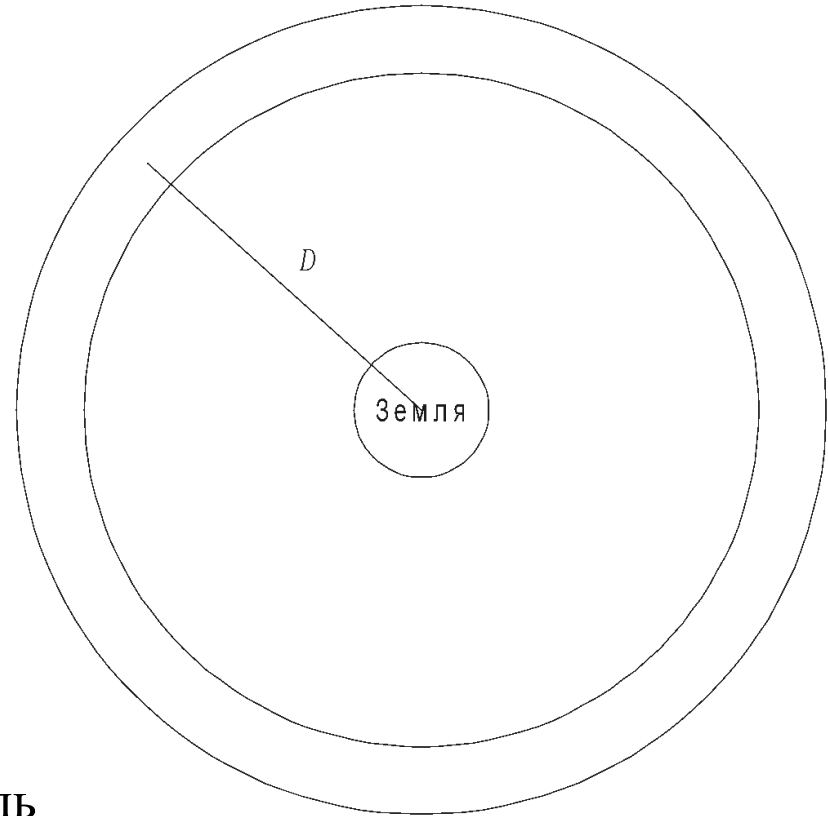
$$\begin{aligned} m &= m_0 - 2.5 \lg (JR / 2r) = \\ &= m_0 - 13.1 \approx -23.6. \end{aligned}$$

Как дневное небо на Земле???

Не может быть!!!

Поделим суммарную видимую площадь осколков на площадь слоя:

$$\tau = \frac{\pi r^2 R^3}{r^3 4\pi D^2} = \frac{R^3}{4rD^2} = 1.8.$$



Осколки затеняют друг друга



Общее количество задерживаемой энергии Солнца: $\pi D^2 \cdot J_0$

Рассеяние от элемента S :

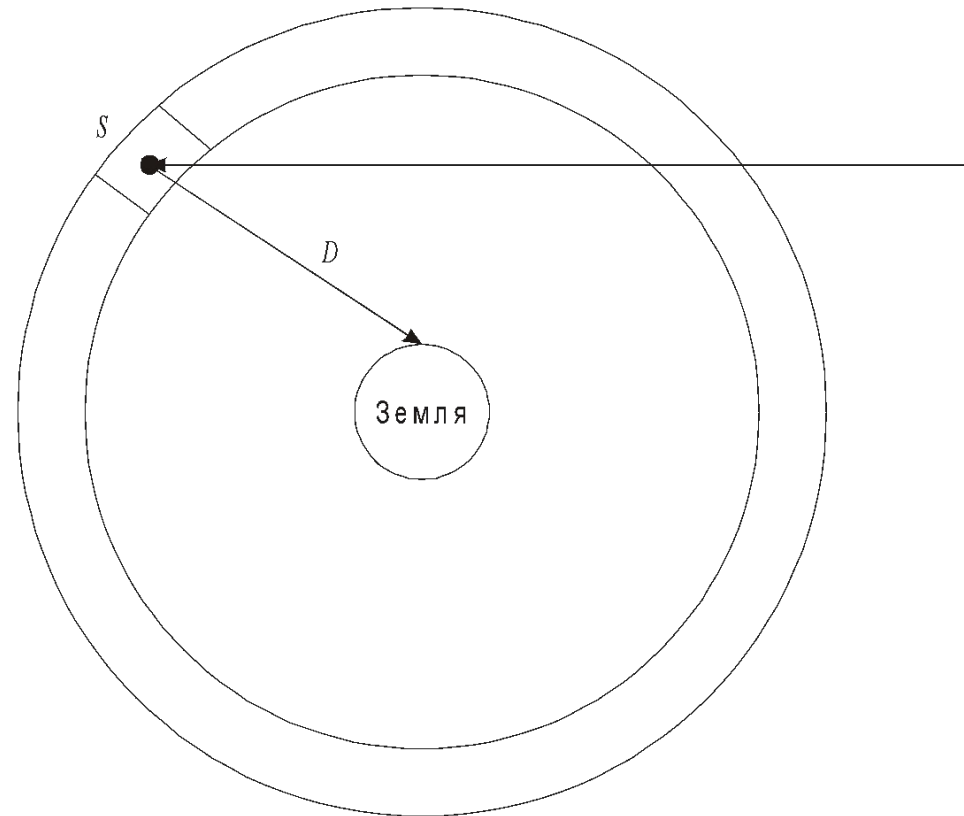
$$j_s = J_0 \pi D^2 \frac{S}{4\pi D^2} \cdot \frac{A}{4\pi D^2} \cdot e^{-\tau/2}.$$

От полусферы:

$$j = j_s \cdot \frac{2\pi D^2}{S} = J_0 \frac{A}{8} e^{-\tau/2}.$$

Звездная величина:

$$m = M_0 - 2.5 \lg \left(\frac{A}{8} e^{-\tau/2} \right) = M_0 - 2.5 \lg \left(\frac{A}{8} \right) + \frac{1.08\tau}{2} = M_0 + 6.1 = -20.7.$$





Система оценивания:

Концентрация осколков	4	
Затенение осколков	2	
Модель определения звездной величины		6
Расчет звездной величины	4	

ИТОГО 16

Оптически тонкий случай ≤ 8

Оптически тонкий случай, полнолуние ≤ 6



XI.1 ГЕЛИАКИЧЕСКИЙ ВОСХОД

Гелиакическим восходом звезды называется ее восход на фоне утренней зари, при котором она впервые становится видимой после эпохи соединения с Солнцем. Известно, что у некоторой звезды на небесном экваторе гелиакический восход в двух пунктах на одном меридиане на северном тропике и северном полярном круге произошел одновременно. Определите прямое восхождение этой звезды. Считать, что звезда становится видимой на фоне зари при погружении Солнца под горизонт на 12° . Атмосферной рефракцией и поглощением света пренебречь.

XI.1 ГЕЛИАКИЧЕСКИЙ ВОСХОД



Средняя широта: $\phi = 45^\circ$

Угловое расстояние между звездой и Солнцем:

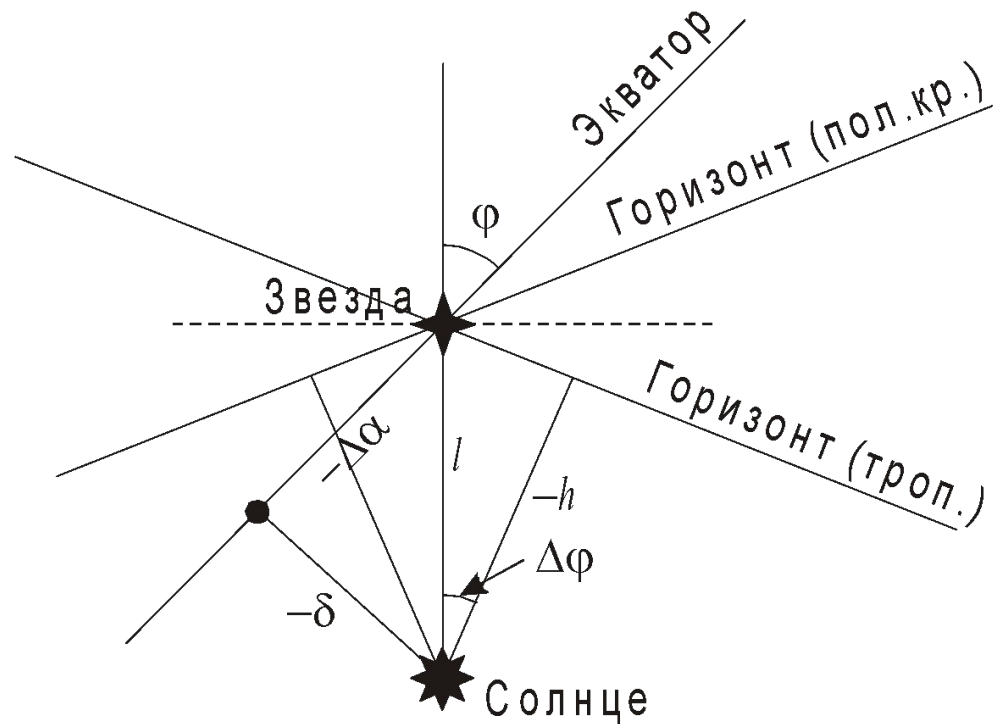
$$l = \frac{-h}{\cos \Delta\varphi} \approx 13^\circ.$$

Склонение Солнца:

$$\delta = l \sin \varphi = \frac{-h \sin \varphi}{\cos \Delta\varphi} = -9^\circ.$$

Прямое восхождение Солнца:

$$\alpha_{01} = 12\text{ч} + \frac{-\delta}{\text{tge}} = 13\text{ч } 25\text{м}; \quad \alpha_{02} = 24\text{ч} - \frac{-\delta}{\text{tge}} = 22\text{ч } 35\text{м}.$$



XI.1 ГЕЛИАКИЧЕСКИЙ ВОСХОД



Прямое восхождение Солнца:

$$\alpha_{01} = 12\text{ч} + \frac{-\delta}{\text{tge}} = 13\text{ч} 25\text{м};$$

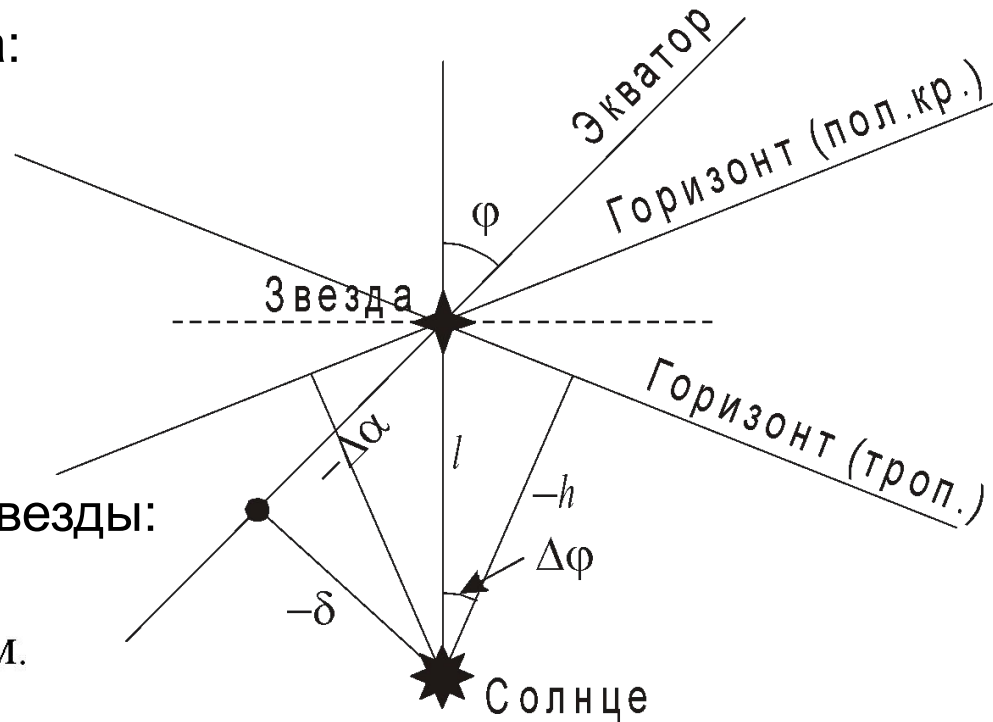
$$\alpha_{02} = 24\text{ч} - \frac{-\delta}{\text{tge}} = 22\text{ч} 35\text{м}.$$

Разница пр.восх. Солнца и звезды:

$$\Delta\alpha = l \cos\varphi = \frac{-h \cos\varphi}{\cos\Delta\varphi} \approx -35 \text{ м}.$$

Прямое восхождение звезды:

$$\alpha_{1,2} = \alpha_{01,2} + \Delta\alpha = 12\text{ч}50\text{м}; 22\text{ч}00\text{м}.$$





Система оценивания:

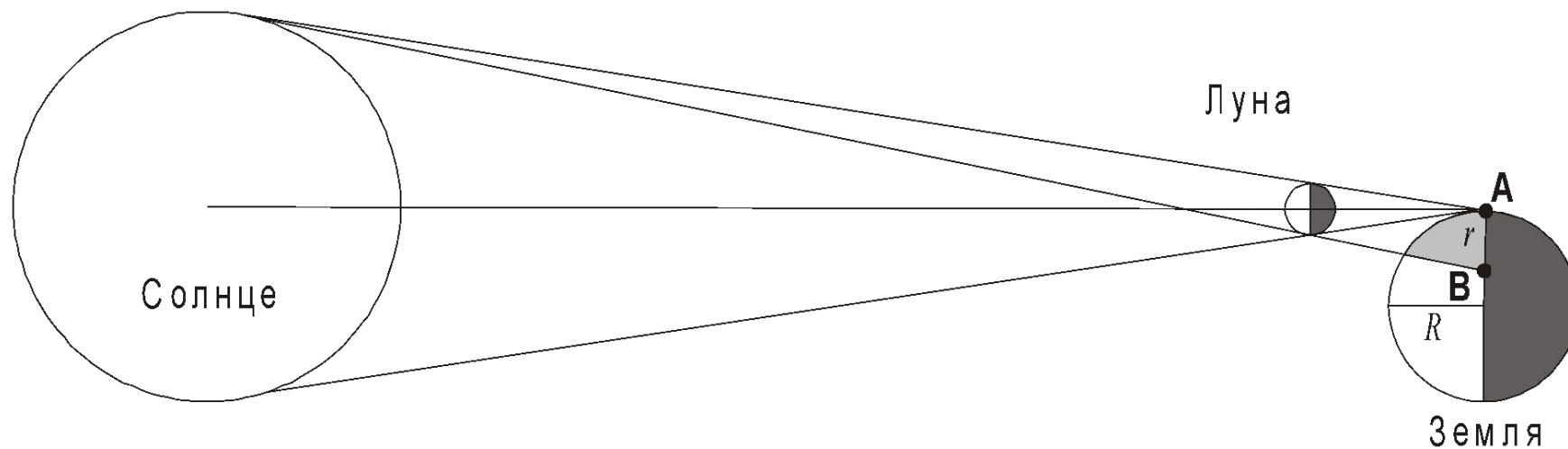
Представление о расположении Солнца и звезды	4
Склонение Солнца	2
Прямое восхождение Солнца	4 (2+2)
Разность прямых восхождений	2
Прямое восхождение звезды	4 (2+2)

ИТОГО 16



XI.2 ЗАТМЕНИЕ НА ГОРИЗОНТЕ

В некоторый момент времени в пункте А на Земле наблюдается полное солнечное затмение с фазой 1.000, а в пункте В – частное солнечное затмение с фазой 0.001. В обоих случаях затмение наблюдается у горизонта. Нарисуйте вид Солнца и Луны в пункте В. С какой стороны (под каким углом по отношению к вертикали) располагается ущерб на диске Солнца при наблюдении в пункте В? Угловые размеры Солнца и Луны во время затмения одинаковы.

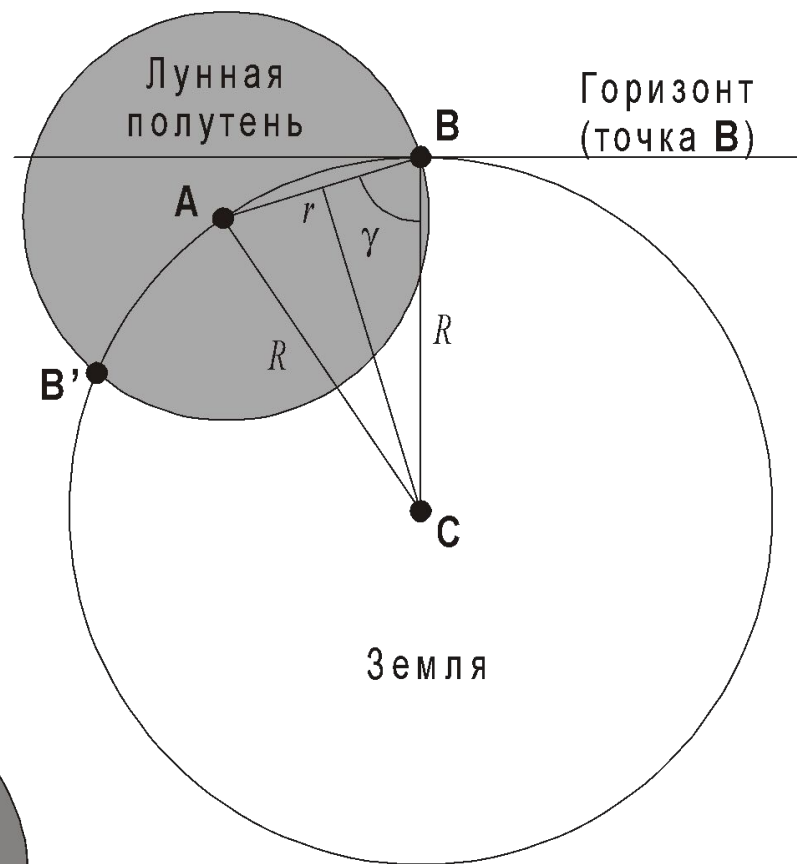
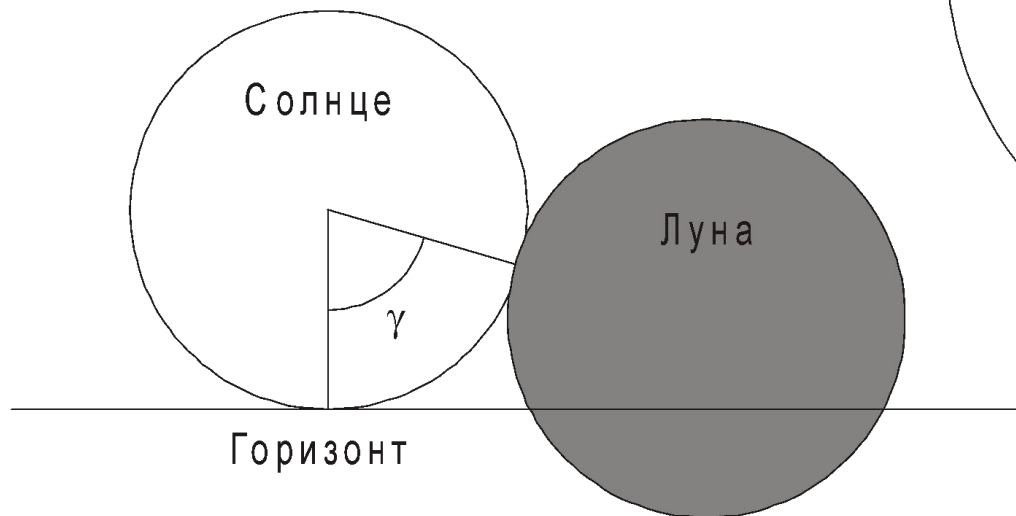


Радиус лунной полутени r практически равен диаметру Луны (3476 км).



Искомый угол:

$$\gamma = \arccos \frac{r}{2R} = 74^\circ.$$







Система оценивания:

Положение тени и полутени на Земле			4
Вывод об угле γ	4		
Размер полутени на Земле		4	
Окончательный вывод	4		
<hr/>			
ИТОГО	16		



XI.3

ФОКУС В ТОЧКЕ ЛАГРАНЖА

Планета обращается вокруг звезды с массой M по круговой орбите с радиусом R . С нее стартует космический аппарат. Он выходит на эллиптическую орбиту вокруг звезды, у которой точка старта является апоцентром, а второй фокус (свободный от звезды) совпадает с текущим положением внутренней точки Лагранжа L_1 системы "планета-звезда". При каком отношении масс планеты и звезды ($m/M < 1$) аппарат сможет без коррекций орбиты быстрее всего вернуться к планете? Взаимодействие аппарата с планетой не учитывать.



XI.3

ФОКУС В ТОЧКЕ ЛАГРАНЖА

Движение тела в точке Лагранжа:

$$\omega^2(R-r) = \frac{GM}{(R-r)^2} - \frac{Gm}{r^2}; \quad \omega^2 R = \frac{GM}{R^2}.$$

Расстояние от планеты до точки Лагранжа:

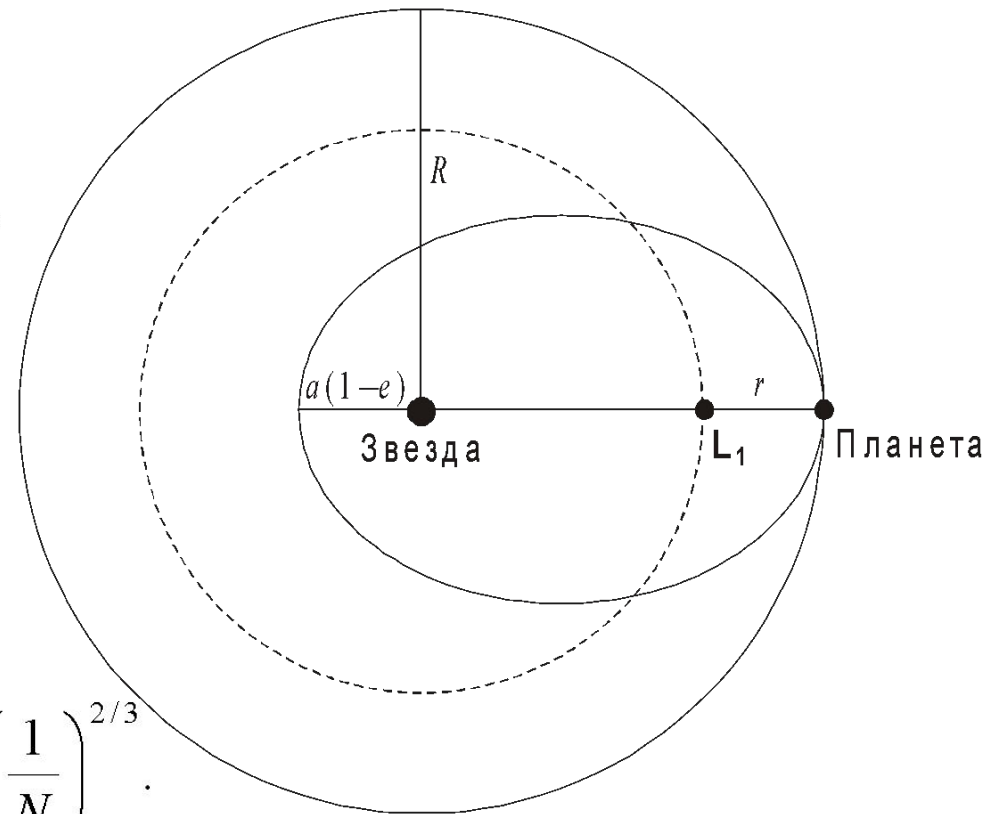
$$r = R \cdot \left(\frac{m}{3M} \right)^{1/3}.$$

Скорейшее возвращение: $t = T/N$.

Большая полуось орбиты: $a = R \cdot \left(\frac{1}{N} \right)^{2/3}.$

$$N > 1; N < 3; N = 2.$$

Эксцентриситет: $e = \frac{R}{a} - 1 = 2^{2/3} - 1 = 0.59.$





XI.3

ФОКУС В ТОЧКЕ ЛАГРАНЖА

Большая полуось орбиты: $a = R \cdot \left(\frac{1}{N}\right)^{2/3}$.

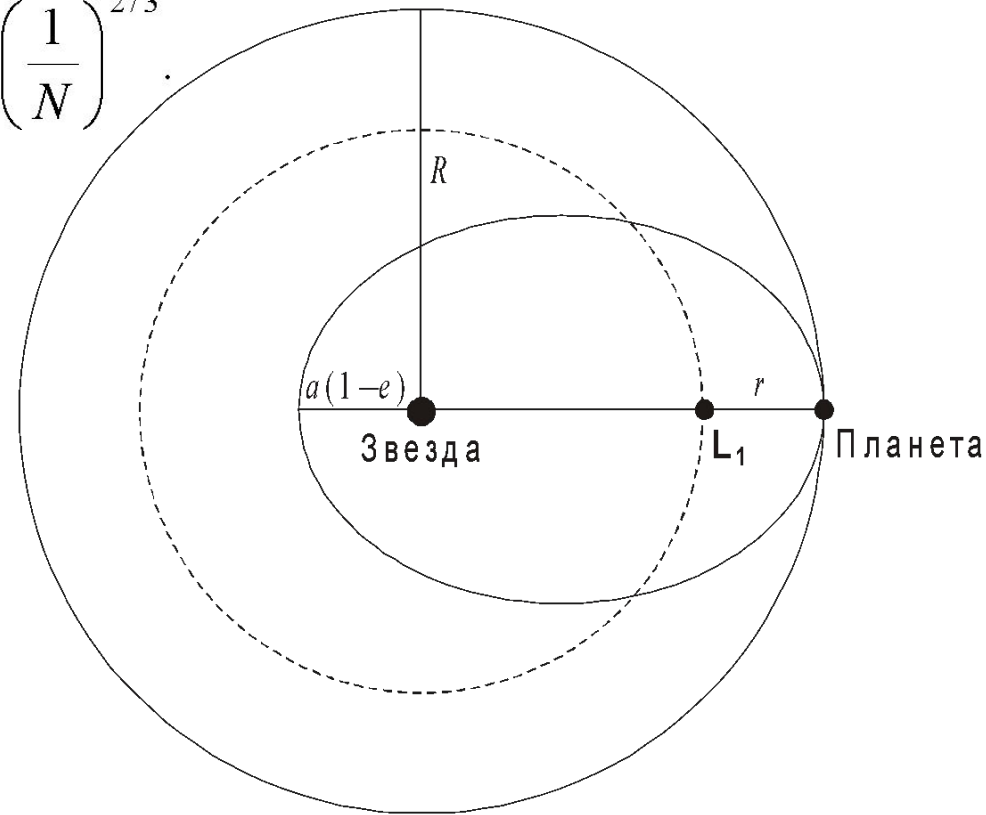
Эксцентриситет:

$$e = \frac{R}{a} - 1 = 2^{2/3} - 1 = 0.59.$$

$$R \cdot (2^{1/3} - 1) = R \cdot \left(\frac{m}{3M}\right)^{1/3}.$$

Отношение масс:

$$\frac{m}{M} = 3 \cdot (2^{1/3} - 1)^3 \approx 0.05.$$



XI.3

ФОКУС В ТОЧКЕ ЛАГРАНЖА



Система оценивания:

Расстояние между планетой и точкой Лагранжа 6

Условие скорейшего возвращения 4

Отношение масс 6

ИТОГО 16



XI.4 ЭФФЕКТ ПОЙНТИНГА-РОБЕРТСОНА

Суть известного эффекта Пойнтинга-Робертсона состоит в тормозящем действии боковых солнечных фотонов, имеющих встречную компоненту скорости относительно тела, движущегося вокруг Солнца. Как и насколько изменит расстояние от Солнца за один оборот сферическая графитовая частица радиусом 10 мкм и плотностью 2.1 г/см^3 , изначально обращающаяся по орбите радиусом 1 а.е. и эксцентриситетом, равным нулю?



XI.4 ЭФФЕКТ ПОЙНТИНГА-РОБЕРТСОНА

Сила светового давления:

$$F_S = \frac{J_0}{4\pi R^2} \cdot \frac{\pi r^2}{c} = S \frac{\pi r^2}{c} = 1.4 \cdot 10^{-15} \text{ Н.}$$

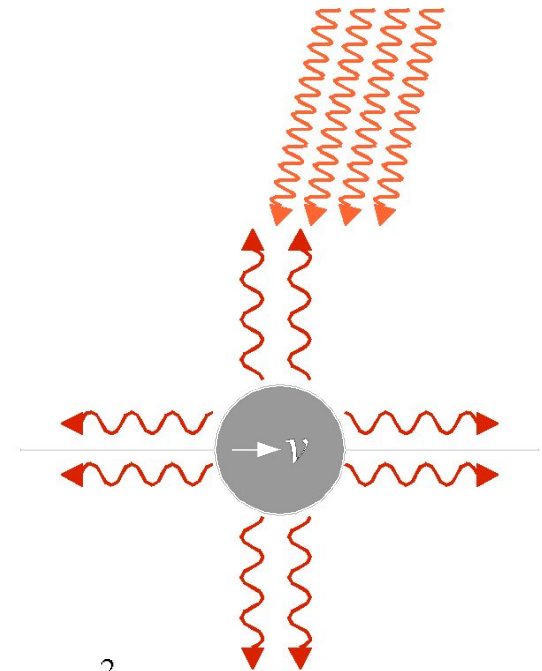
Сила притяжения к Солнцу:

$$F_G = \frac{GMm}{R^2} = \frac{4GM\rho r^3}{3R^2} = 1.7 \cdot 10^{-14} \text{ Н.}$$

Эффективная масса Солнца: $M' = 0.92M$.

Сила Пойнтинга-Робертсона:
$$F_{PR} = F_S \frac{v}{c} = \frac{J_0}{4\pi R^2} \cdot \frac{\pi r^2 v}{c^2}.$$

Работа силы за один оборот:
$$A_{PR} = -F_{PR} \cdot 2\pi R = -\frac{J_0}{2R} \cdot \frac{\pi r^2 v}{c^2}.$$





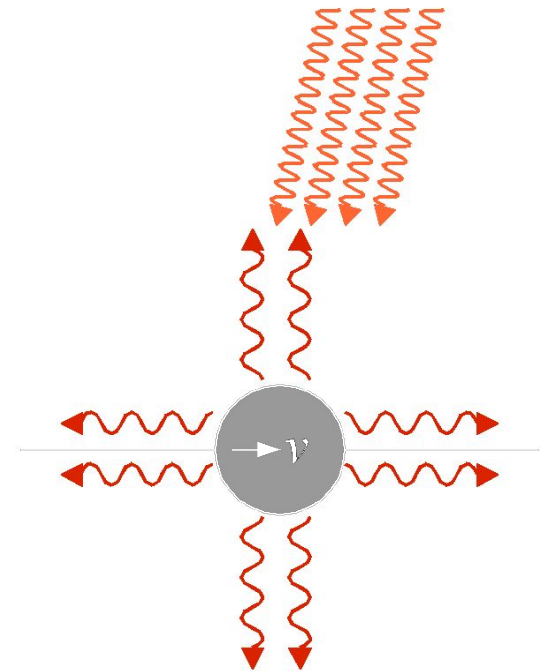
XI.4

ЭФФЕКТ ПОЙНТИНГА-РОБЕРТСОНА

Полная энергия частицы: $E = -\frac{GM'm}{2R}$.

Изменение полной энергии:

$$-\frac{GM'm}{2(R+\Delta R)} = -\frac{GM'm}{2R} - \frac{J_0}{2R} \cdot \frac{\pi r^2 v}{c^2}$$



Изменение радиуса орбиты за один оборот:

$$\Delta R = -\frac{J_0 \pi r^2 v R}{GM' m c^2} = -\frac{J_0 \pi r^2}{m c^2} \sqrt{\frac{R}{GM'}} = -\frac{3J_0}{4\rho r c^2} \sqrt{\frac{R}{GM'}} \approx -5000 \text{ км.}$$



XI.4 ЭФФЕКТ ПОЙНТИНГА-РОБЕРТСОНА

Система оценивания:

Сравнение сил гравитации и св.давления (либо вычисление эффективной массы Солнца)	2
Выражение для силы Поинтинга-Робертсона	6
Изменение радиуса орбиты (Изменение кинетической энергии, ошибка в знаке)	8 (0)

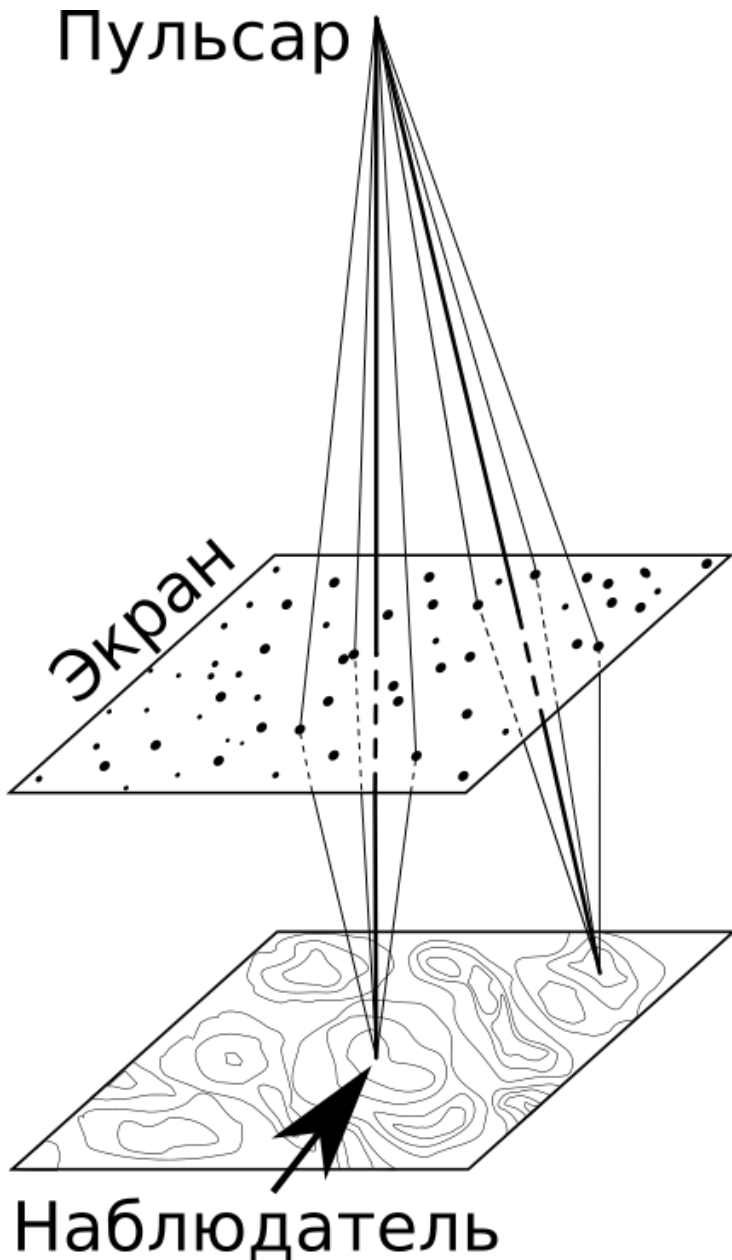
ИТОГО 16



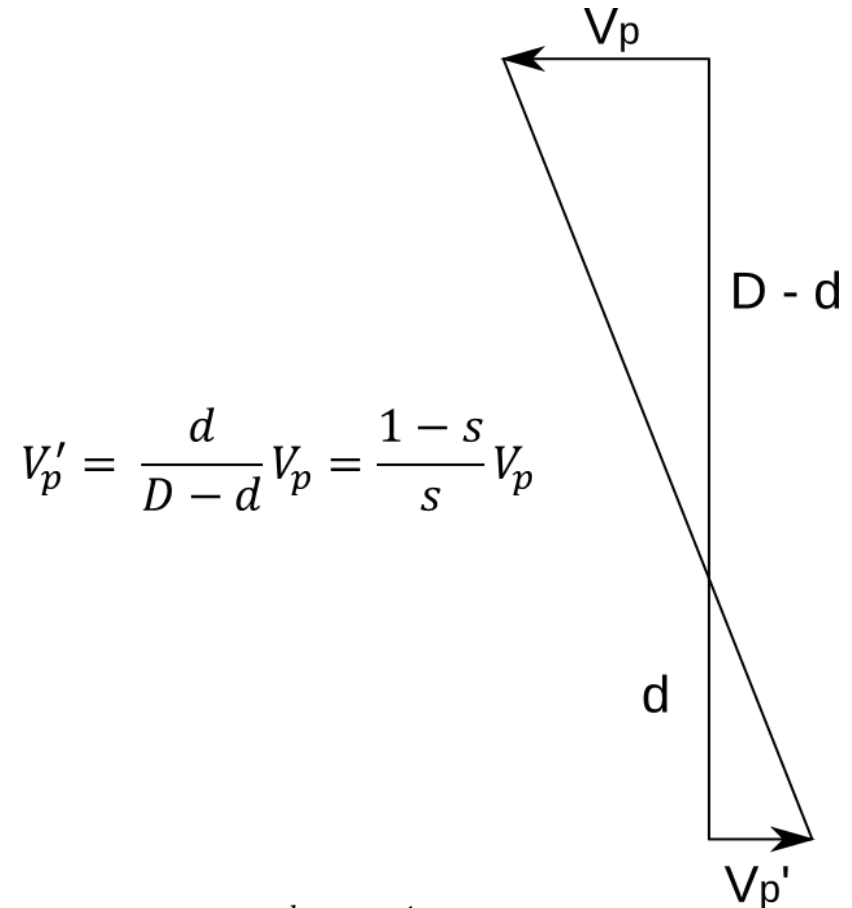
XI.6 МЕЖЗВЕЗДНЫЙ ЭКРАН

Излучение пульсара на пути к Земле проходит через тонкий рассеивающий слой (экран), расположенный на расстоянии двух третей пути до наблюдателя. В результате рассеяния на неоднородностях этого слоя к наблюдателю приходит не один луч, а множество, которые образуют интерференционную картину. Известно, что пульсар расположен на расстоянии 1 кпк от Солнца, его собственное движение равно 65 миллисекунд дуги в год. Измерения показали, что дифракционная картина движется относительно Солнца в плоскости, перпендикулярной направлению на пульсар, со скоростью 100 км/с под углом 150° к направлению движения пульсара. Определите возможные значения скорости и направления движения среды, составляющей экран.

XI.6 МЕЖЗВЕЗДНЫЙ ЭКРАН



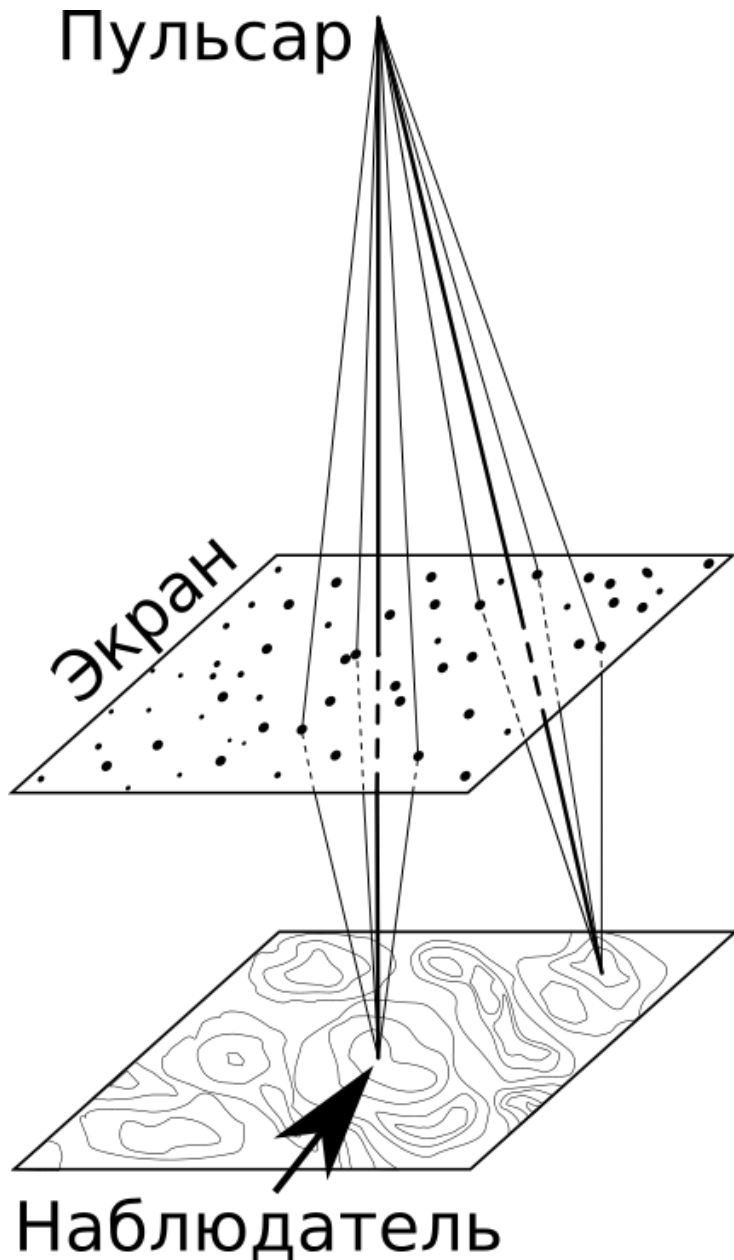
Движение пульсара



$$V_p' = \frac{d}{D - d} V_p = \frac{1 - s}{s} V_p$$

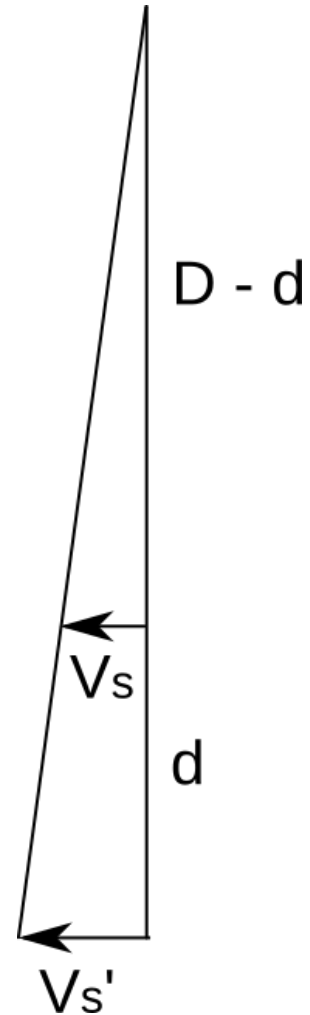
$$V_p' = \frac{d}{D - d} V_p = \frac{1 - s}{s} V_p$$

XI.6 МЕЖЗВЕЗДНЫЙ ЭКРАН



Движение экрана

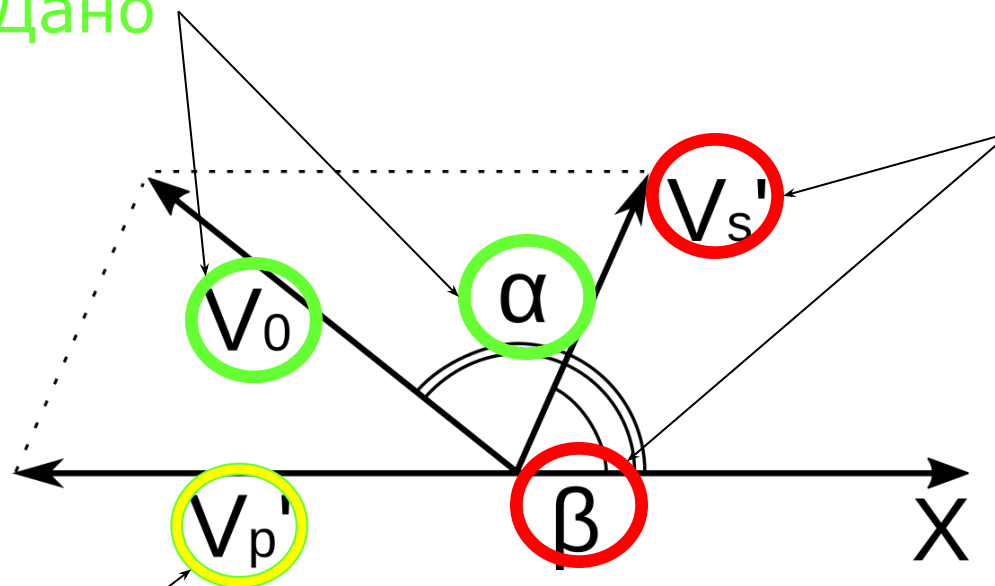
$$V'_p = \frac{d}{D-d} V_p = \frac{1-s}{s} V_p$$





Движение пульсара и экрана

Дано



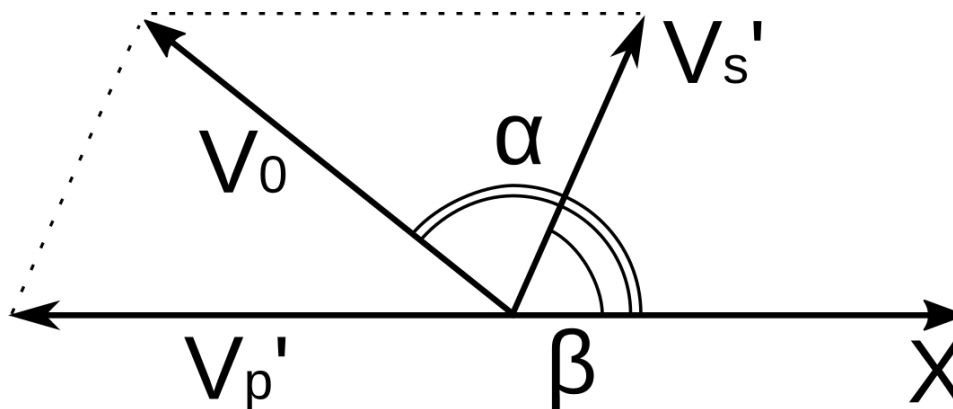
Надо найти

Почти дано

$$V_p' = \frac{d}{D-d} V_p = \frac{1-s}{s} V_p$$



Движение пульсара и экрана



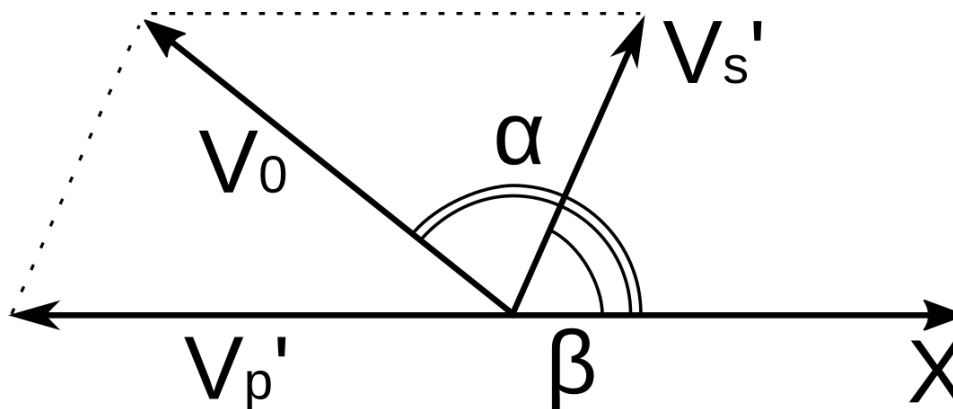
$$V_p' = \frac{d}{D-d} V_p = \frac{1-s}{c} V_p$$

$$V_p' = \frac{d}{D-d} V_p = \frac{1-s}{s} V_p$$

$$V_p' = \frac{d}{D-d} V_p = \frac{1-s}{s} V_p$$



Движение пульсара и экрана



$$V_p' = \frac{d}{D-d} V_p = \frac{1-s}{s} V_p$$

$$V_p' = \frac{d}{D-d} V_p = \frac{1-s}{s} V_p$$



Система оценивания:

Правильная геометрическая модель	4
Вычисление тангенциальной скорости пульсара	2
Формула для связи скоростей экрана, пульсара и интерференционной картины (в векторах или в проекциях)	2
Формулы для вычисления искомых величин β и V_s (По 2 балла за куждую)	4
Вычисление искомых величин β и V_s (По 2 балла за куждую)	4
ИТОГО	16