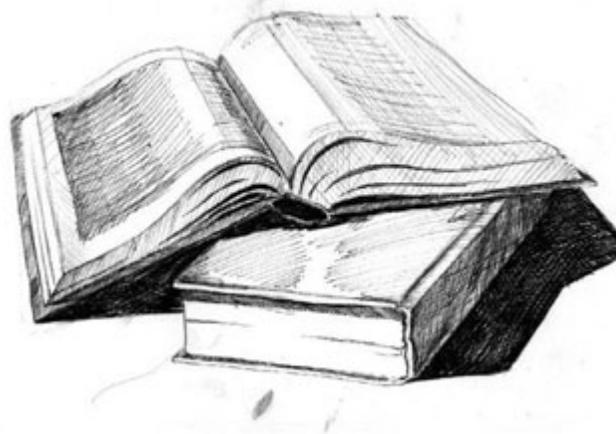


Министерство образования и науки Российской Федерации
Академия повышения квалификации и профессиональной
переподготовки работников образования

XXV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

Заключительный этап
г. Волгоград, 20-25 марта 2018 г.

Теоретический тур



ОБЩАЯ СИСТЕМА

(если не оговорено иное)

1. Арифметическая или физическая ошибка на этапе выполнения – **этап не выполнен**. Оценка за этап от 0 до (полный балл – 1) на усмотрение жюри.
2. Грубая арифметическая ошибка, дающая абсурдный промежуточный или окончательный ответ ($v > c$ и т.д.) – 0 баллов за все решение.
3. Ошибка на этапе выполнения, существенно искажающая последующие этапы – понижение оценки за этот и **последующие** этапы.
4. Отсутствие в ответах единиц измерения, ограничений, неравенств и т.д. – уменьшение оценки на 1-2 балла.
5. Правильный ответ без достаточных обоснований – 2 балла за задачу.
6. Использование некорректной идеи с физической точки зрения – оценка 0 баллов.

IX.1 ПРИПОЛЯРНАЯ ЗВЕЗДА

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР



В 0ч Всемирного времени 20 марта некоторый далекий объект оказывается на высоте 89° над горизонтом при наблюдении с Северного полюса и с точки с координатами 89° с.ш., 0° д. Определите экваториальные координаты объекта. Уравнением времени пренебречь.

IX.1 ПРИПОЛЯРНАЯ ЗВЕЗДА



Точки А и В:

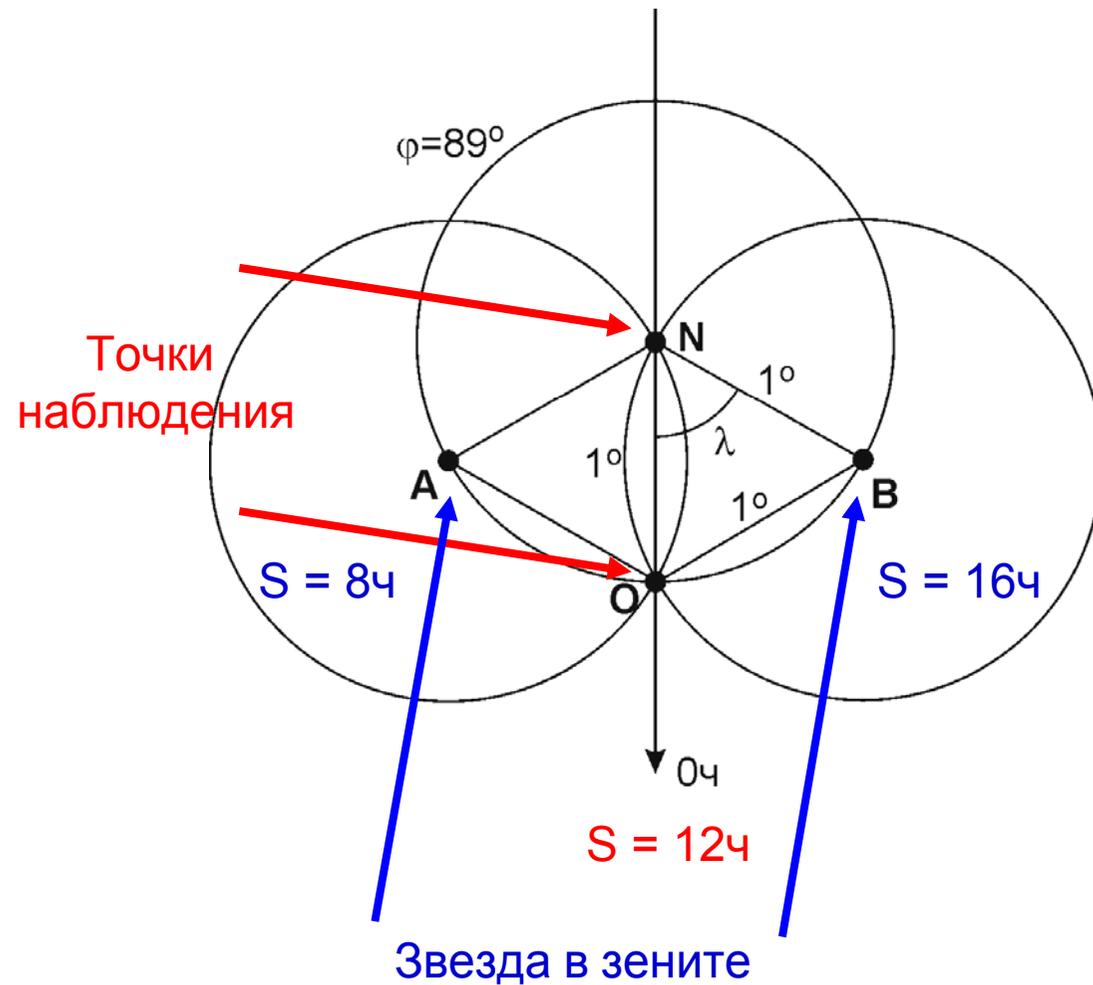
Широта: $\varphi = +89^\circ$;

Долгота: $\lambda = \pm 60^\circ = \pm 4\text{ч}$.

Координаты звезды:

$\alpha = 8\text{ч}$; $\delta = +89^\circ$ (точка А);

$\alpha = 16\text{ч}$; $\delta = +89^\circ$ (точка В).



IX.1 ПРИПОЛЯРНАЯ ЗВЕЗДА

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР



Система оценивания:

Условие наблюдения на высоте 89°	4
Наличие двух возможных точек	4
Координаты первой точки (обе точные!)	4
Координаты второй точки (обе точные!)	4

ИТОГО 16

($\alpha = 12\text{ч}$; $\delta = +89.5^\circ$) (2)

IX.2 АРЕС В ГОСТЯХ У АНТАРЕСА

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР



22 мая 2016 года Марс прошел точку противостояния с Солнцем в созвездии Скорпиона. В этот момент он был примерно на середине своего пути через это созвездие. Считая, что Марс движется в плоскости эклиптики, оцените, когда наступит следующее противостояние Марса, при котором он вновь окажется в созвездии Скорпиона. Известно, что Солнце находится в Скорпионе 7 дней в году.

IX.2 АРЕС В ГОСТЯХ У АНТАРЕСА

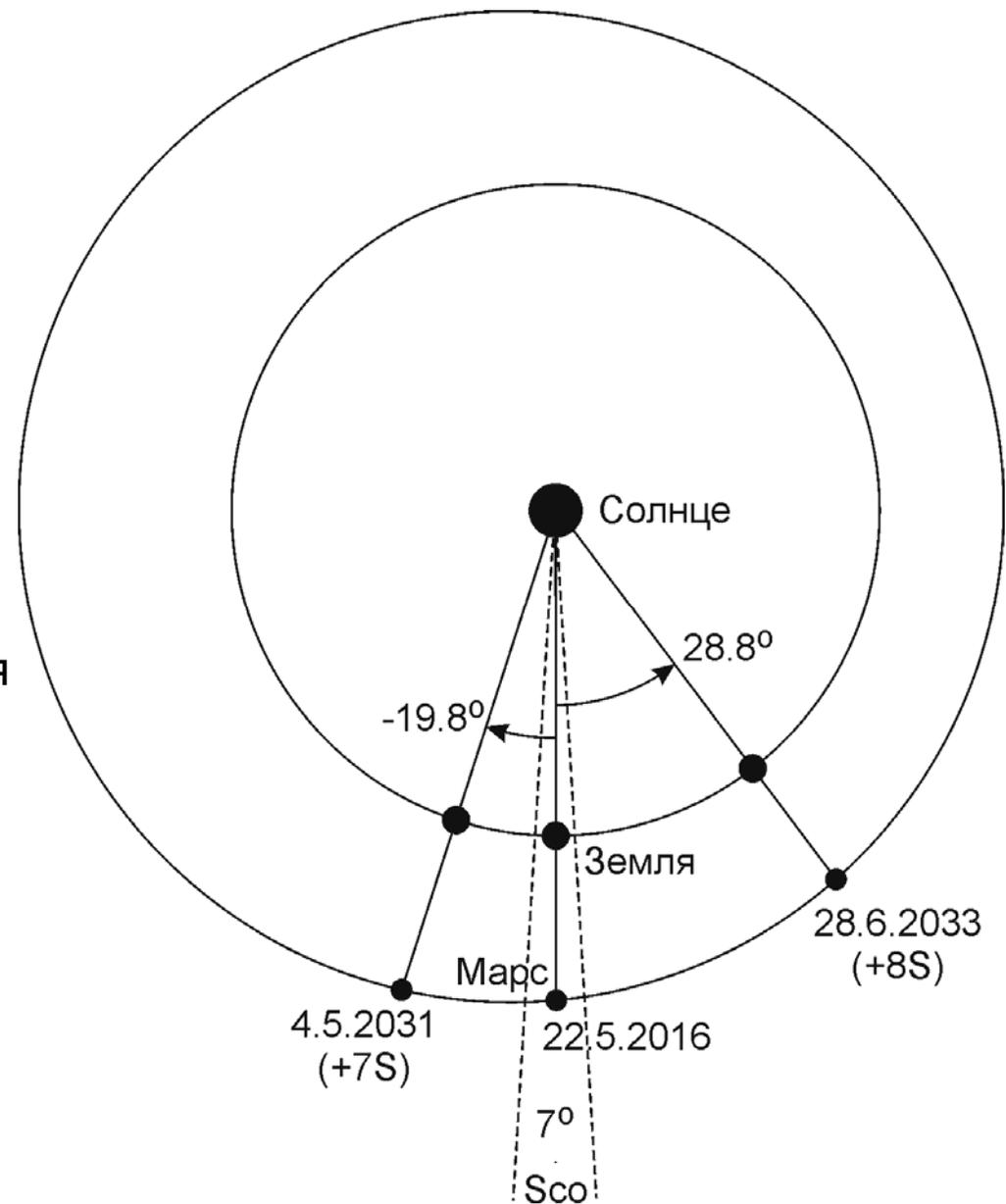


Синодический период Марса:
 $S = 780 \text{ сут} = 2.135 \text{ лет.}$

$7S = 14.949 \text{ лет}; 8S = 17.084 \text{ лет.}$

Ищем: $T = NS;$
 $N = 7p + 8q; |p - q| \leq 1.$

T должно отличаться от целого числа лет меньше, чем на 3.5 дня или 0.01 года.



IX.2

АРЕС В ГОСТЯХ У АНТАРЕСА

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

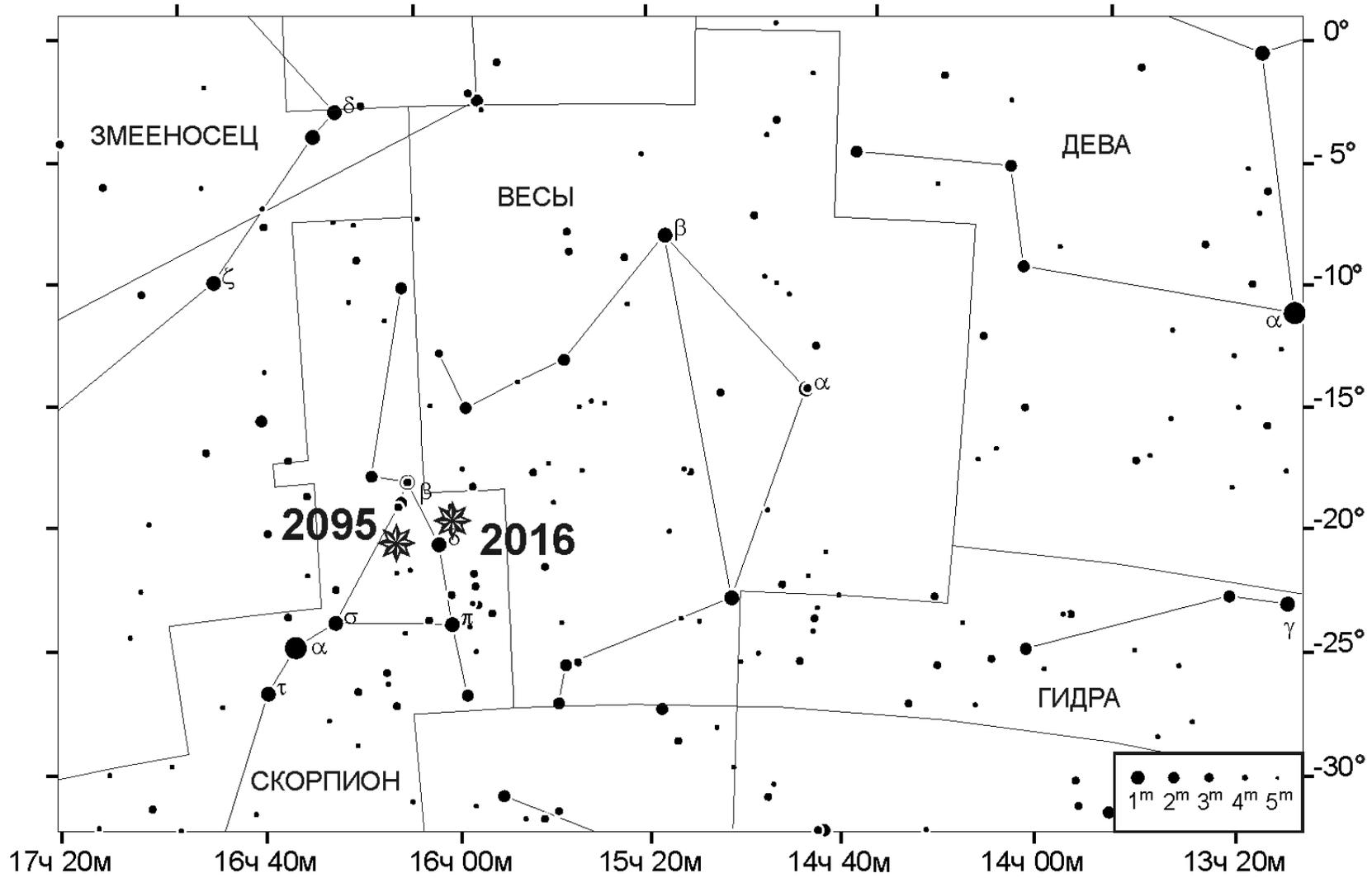


p	q	N	T , годы	Δl , часть окружности	$\Delta l,^\circ$
1	0	7	14.945	0.055	19.8
0	1	8	17.080	0.080	28.8
1	1	15	32.025	0.025	9.0
2	1	22	46.970	0.030	10.8
1	2	23	49.105	0.105	37.8
2	2	30	64.050	0.050	18.0
3	2	37	78.995	0.005	1.8
2	3	38	81.130	0.130	46.8

Следующее противостояние в Скорпионе: 26 мая 2095 года

IX.2

АРЕС В ГОСТЯХ У АНТАРЕСА



IX.2 АРЕС В ГОСТЯХ У АНТАРЕСА

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР



Система оценивания:

Анализ эксцентricности орбиты Марса	2
Максимальное угловое расстояние	2
Максимальное отличие NS от целого	6
Вычисление времени	6

ИТОГО 16

IX.3 МЕТЕОРНЫЙ ПАТРУЛЬ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР



Два наблюдателя располагаются на одном меридиане Земли, в точках с широтами φ_1 и φ_2 . Оба запечатлели один и тот же метеор, причем в первом пункте в зенит попало его начало, во втором – конец. Длительность полета метеора составила t , радиант метеорного потока, к которому принадлежал метеор, находится на небесном экваторе. Запишите выражение для скорости метеора, если считать, что она была постоянной.

IX.3 МЕТЕОРНЫЙ ПАТРУЛЬ



Расстояние между наблюдателями:

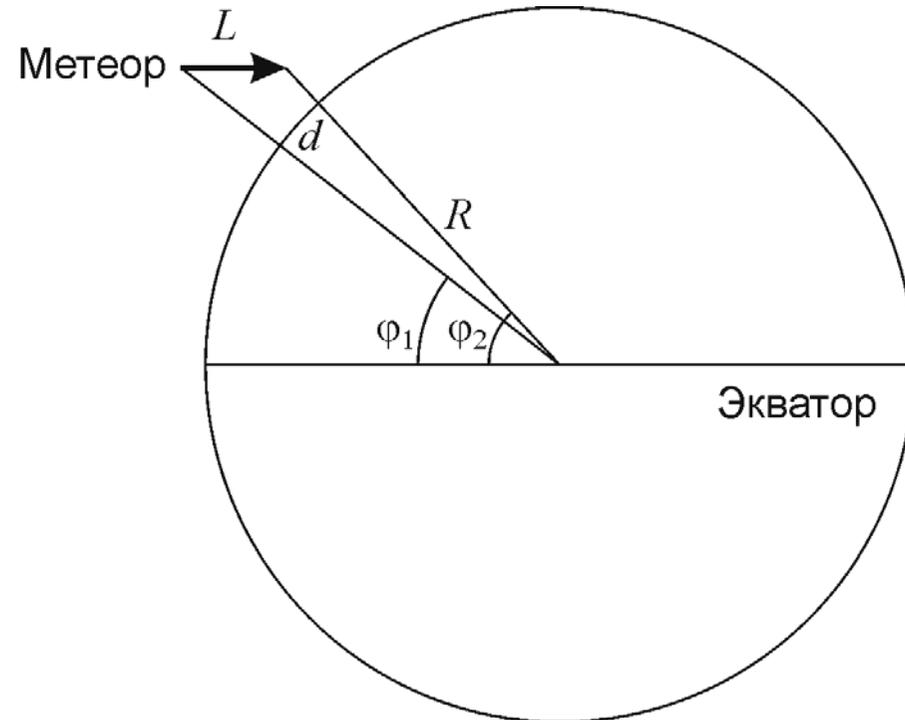
$$d = R |\varphi_1 - \varphi_2|.$$

Длина полета метеора:

$$L = \frac{d}{|\sin \varphi|}; \quad \varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}.$$

Скорость полета метеора:

$$v = \frac{L}{t} = \frac{R |\varphi_1 - \varphi_2|}{t \cdot |\sin((\varphi_1 + \varphi_2)/2)|}.$$



IX.3 МЕТЕОРНЫЙ ПАТРУЛЬ



Система оценивания:

Обоснование «плоского приближения»	4
Учет наклона траектории к поверхности Земли (Без знака модуля)	8 (4)
Формула для скорости (Без знака модуля)	4 (2)

ИТОГО 16



IX/X.4 ПОИСКИ ДАЛЕКОЙ ПЛАНЕТЫ

В настоящее время ведутся поиски возможной девятой планеты Солнечной системы, которая может иметь диаметр в 10 диаметров Земли и располагаться в 280 а.е. от Солнца. Астероид какого диаметра в главном поясе будет иметь такую же яркость на Земле в противостоянии, как и эта планета? Отражательную способность поверхности астероида считать аналогичной лунной, а планеты – аналогичной Нептуну. Оба тела располагаются в плоскости эклиптики.

IX/X.4 ПОИСКИ ДАЛЕКОЙ ПЛАНЕТЫ



Тело на расстоянии L от Солнца.

Плотность потока падающей энергии: $J/4\pi L^2$.

Плотность потока энергии от планеты на Земле:

$$j = \frac{J}{4\pi L^2} \cdot \frac{\pi D^2 A}{4} \cdot \frac{1}{4\pi (L - L_0)^2} = \frac{JD^2 A}{64\pi L^2 (L - L_0)^2}.$$

Равенство блеска астероида (1) и планеты (2):

$$\frac{D_1^2 A_1}{L_1^2 (L_1 - 1)^2} = \frac{D_2^2 A_2}{L_2^2 (L_2 - 1)^2}.$$

Диаметр астероида:

$$D_1 = D_2 \frac{L_1 (L_1 - 1)}{L_2 (L_2 - 1)} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}.$$

$$L_1 = 2.8 \text{ а.е.} \rightarrow D = 15 \text{ км.}$$

IX/X.4 ПОИСКИ ДАЛЕКОЙ ПЛАНЕТЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР



Система оценивания:

Выражение для яркости планеты	8
(Без учета альбедо)	(4)
Диаметр	8
(Спутан с радиусом)	(4)
<hr/>	
ИТОГО	16
Неверная зависимость $j(L)$	≤ 4
Не учтен фактор «-1»	(-4)
Неверное расстояние до пояса астероидов ($<2a.e.$ или $>3.3 a.e.$)	(-4)
Пояс астероидов ближе Марса или дальше Юпитера	(-8)

IX.5 ДВОЙНАЯ СИСТЕМА ЗА ЛУНОЙ

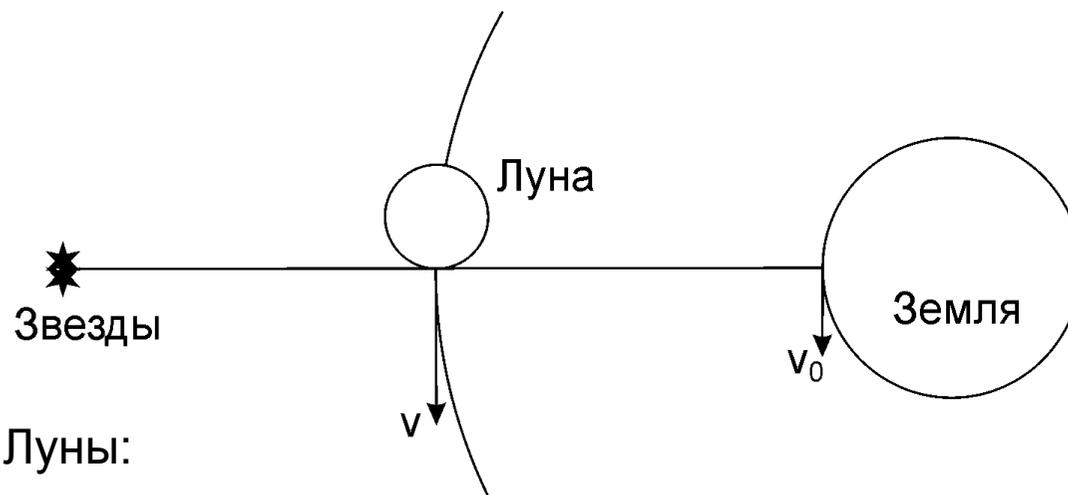
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР



Двойная система из звезд солнечного типа имеет параллакс $0.1''$. При центральном покрытии Луной, видимом в зените с экватора Земли, звезды скрылись за лунным лимбом с интервалом 1 секунда. Найдите минимальный период обращения звезд в системе. Наклоном орбиты Луны к экватору и ее эксцентриситетом пренебречь.

IX.5

ДВОЙНАЯ СИСТЕМА ЗА ЛУНОЙ



Мгновенная угловая скорость Луны:

$$\omega = \frac{v - v_0}{L - R} = \frac{\frac{2\pi L}{S} - \frac{2\pi R}{S_0}}{L - R} = \frac{2\pi}{S} \cdot \frac{L - R(S/S_0)}{L - R} = 1.48 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1} = 0.3'' / \text{с}.$$

Минимальное угловое расстояние между звездами: 0.3''

Минимальное мгновенное расстояние между звездами: 3 а.е.

Минимальное среднее расстояние между звездами $a = 1.5$ а.е.

Минимальный орбитальный период (в годах): $T = (a^3/M)^{1/2} \sim 1.3$.

IX.5 ДВОЙНАЯ СИСТЕМА ЗА ЛУНОЙ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР



Система оценивания:

Минимальное угловое расстояние	6
(Без учета вращения Земли)	(0)
(Синодический период Луны)	(4)
Минимальное пространственное расстояние	4
Минимальный орбитальный период	6
(Масса = 1 масса Солнца)	(4)
(Круговые орбиты)	(2)
(Масса = 1 масса Солнца и круговые орбиты)	(0)

ИТОГО **16**

IX.6 ВНУТРИ ТУМАННОСТИ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР



Планетарная туманность «Кольцо» имеет видимый диаметр $2'$ и блеск 9^m . Оцените, насколько светло будет ночью на планете, обращающейся вокруг звезды – ядра этой туманности. Сравните по освещенности ночное небо на этой планете с земным ночным небом.

IX.6 ВНУТРИ ТУМАННОСТИ



В 2 раза ближе:

В 4 раза больше по видимой площади и в 4 раза ярче.

Поверхностная яркость не меняется.

Туманность прозрачна: внутри будет все также.

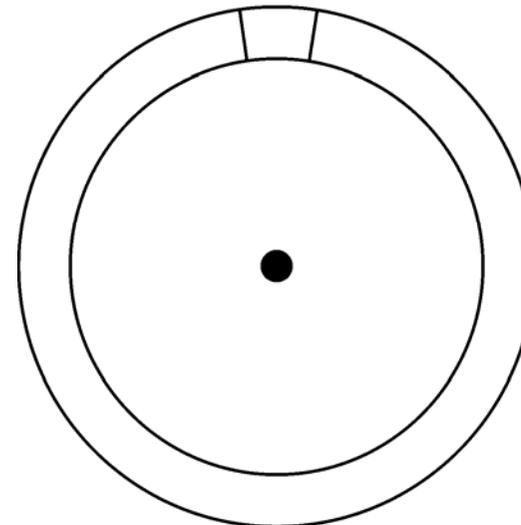
Угловая площадь туманности на Земле:

$$\sigma = \pi\delta^2/4 = 2.7 \cdot 10^{-7} \text{ стер.}$$

Яркость полусферы:

$$M = m - 2.51g \frac{2\pi}{\sigma} = m - 2.51g \frac{8}{\delta^2} = -9.5.$$

19^m с квадратной секунды. Примерно – при Луне в первой или последней четверти.



IX.6 ВНУТРИ ТУМАННОСТИ



Система оценивания:

Неизменная поверхностная яркость 6

Яркость неба изнутри (в любых единицах) 6

Вывод об освещенности 4

(При правильных первых этапах!)

ИТОГО 16

(Дополнительные предположения) ≤ 4

(Грубый расчет яркости туманности с малого расстояния) ≤ 8



X/XI.1 НАЗЕМНАЯ ФОТОМЕТРИЯ

В фокальной плоскости телескопа с диаметром объектива 20 см изображение звезды выглядит в виде равномерно засвеченного пятна диаметром 20 мкм. Установленная в фокальной плоскости ПЗС-матрица фиксирует, что в пятне звезды регистрируется в 40 раз больше квантов света, чем в таком же по площади участке фона. Определить звездную величину звезды и относительное отверстие телескопа. Диаметр атмосферного диска дрожания точечного источника равен 2", а яркость фона неба составляет 4.5^m с квадратного градуса.



X/XI.1 НАЗЕМНАЯ ФОТОМЕТРИЯ

Связь углового размера звезды и размера ее изображения: $\alpha = a/f$.

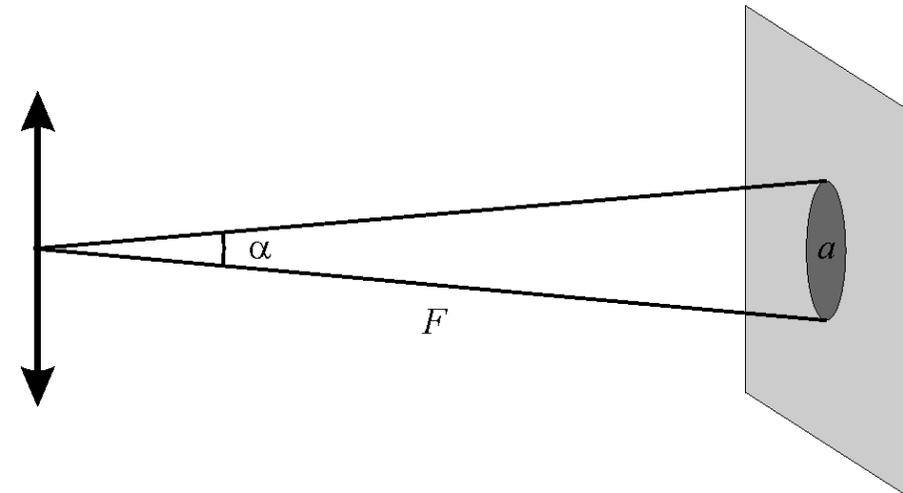
Относительное отверстие: $D/f = 1/10$.

Угловая площадь диска звезды:

$$S = \pi\alpha^2/4 = 2.4 \cdot 10^{-7} \text{ кв.град.}$$

Звездная величина фона с такой площади: $m = 4.5 - 2.5 \lg 2.4 \cdot 10^{-7} = 21$.

Звездная величина звезды: $m_0 = m - 2.5 \lg 40 = 17$.





X/XI.1 НАЗЕМНАЯ ФОТОМЕТРИЯ

Система оценивания:

Фокусное расстояние объектива	4
Относительное отверстие (Обратная величина)	4 (2)
Угловая площадь звезды (Нет множителя $\pi/4$) (Добавлен кружок Эри)	2 (0) (0)
Звездная величина фона	4
Звездная величина звезды	2
<hr/>	
ИТОГО	16



Аппарат совершил перелет с Земли к некоторой другой большой планете Солнечной системы по энергетически оптимальной траектории. Пролетев рядом с планетой, он сразу же отправился в обратный путь к Земле. В течение всей миссии аппарат, не включая двигателей, совершил один оборот вокруг Солнца и вернулся на нашу планету в точке старта миссии. Для какой ближайшей к Солнцу планеты такое возможно? Орбиту Земли считать круговой, действие планеты на аппарат не учитывать.

X.2

КОРОТКИЙ ВИЗИТ



$$r_0 = 1 \text{ а.е.}$$

Длительность всей миссии (годы):

$$t = \left(\frac{r+1}{2} \right)^{3/2} = N.$$

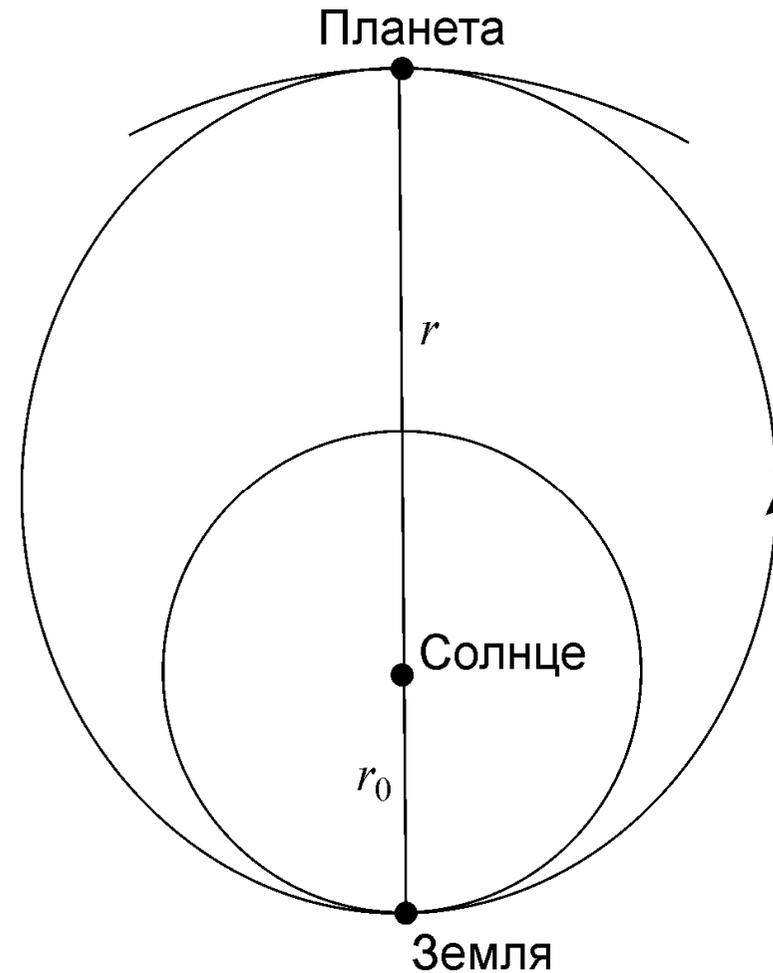
Расстояние планеты от Солнца: $r = 2N^{2/3} - 1$.

t , годы	r , а.е.
1	1.00
2	2.17
3	3.16
4	4.04
5	4.85
6	5.60
7	6.32
8	7.00
9	7.65
10	8.28
11	8.89
12	9.48

~~Марс~~

~~Юпитер~~

Сатурн





X.2 КОРОТКИЙ ВИЗИТ

Система оценивания:

Вид орбиты	2
Продолжительность миссии	6
Поиск планеты	8
(Ничего не сказано о внутренних планетах)	(4)
(Не рассмотрен эксцентриситет, не указана планета)	(2)

ИТОГО 16



X/XI.3 НЕЙТРИННЫЙ ДЕТЕКТОР

Оцените длину свободного пробега нейтрино малых энергий в галлии, если нейтринный детектор, содержащий 60 тонн галлия, позволит регистрировать одно низкоэнергетическое солнечное нейтрино в сутки. При превращении четырех протонов в атом гелия выделяется 26.8 МэВ энергии и два нейтрино энергией примерно 0.3 эВ каждое. Плотность галлия составляет 6 г/см³.



X/XI.3 НЕЙТРИННЫЙ ДЕТЕКТОР

Один цикл протон-протонных реакций: 2 нейтрино и энергия:
 $E = 2.68 \cdot 10^7 \text{ эВ} = (2.68 \cdot 10^7 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}) \text{ Дж} = 4.29 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}.$

Плотность потока нейтрино на расстоянии Земли:

$$F = \frac{F_s}{E/2} = 6.34 \cdot 10^{14} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}.$$

Объемная концентрация нейтрино: $n = F / c.$

Суммарный путь всех нейтрино внутри детектора за сутки (T):

$$L = n V c T = F V T = F M T / \rho = 5.5 \cdot 10^{20} \text{ м} = 18 \text{ кпк}.$$



X/XI.3 НЕЙТРИННЫЙ ДЕТЕКТОР

Система оценивания:

Плотность потока нейтрино	8
(Незначительные ошибки в коэффициентах)	(4)
Связь длины свободного пробега с плотностью	6
Вычисление длины свободного пробега	2
(Только при правильных вычислениях!)	

ИТОГО 16



X/XI.5 ОПАСНОЕ СБЛИЖЕНИЕ

Шаровое звездное скопление радиусом 20 пк и массой 400 тысяч масс Солнца пролетает вблизи сверхмассивной черной дыры в центре нашей Галактики с массой 4 миллиона масс Солнца. При каком максимальном расстоянии между центром скопления и черной дырой скопление может начать терять массу? Взаимодействие скопления с другими телами вблизи центра Галактики, кроме черной дыры, и эффекты тесных сближений звезд в скоплении не учитывать.

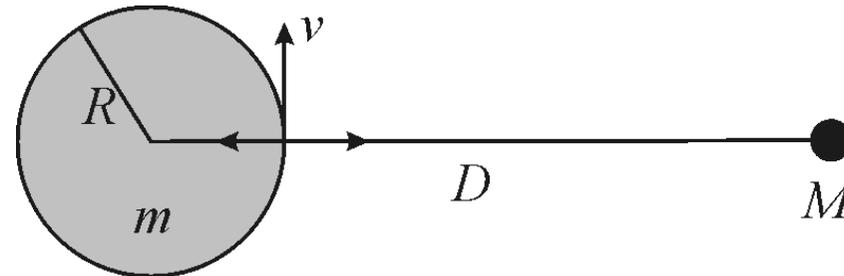
X/XI.5 ОПАСНОЕ СБЛИЖЕНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР



Максимальная скорость на краю

скопления:
$$v = \sqrt{\frac{Gm}{R}}$$



Ускорение сил тяжести:

$$g = \frac{Gm}{R^2} - \frac{GM}{(D-R)^2} = \frac{Gm'}{R^2}$$

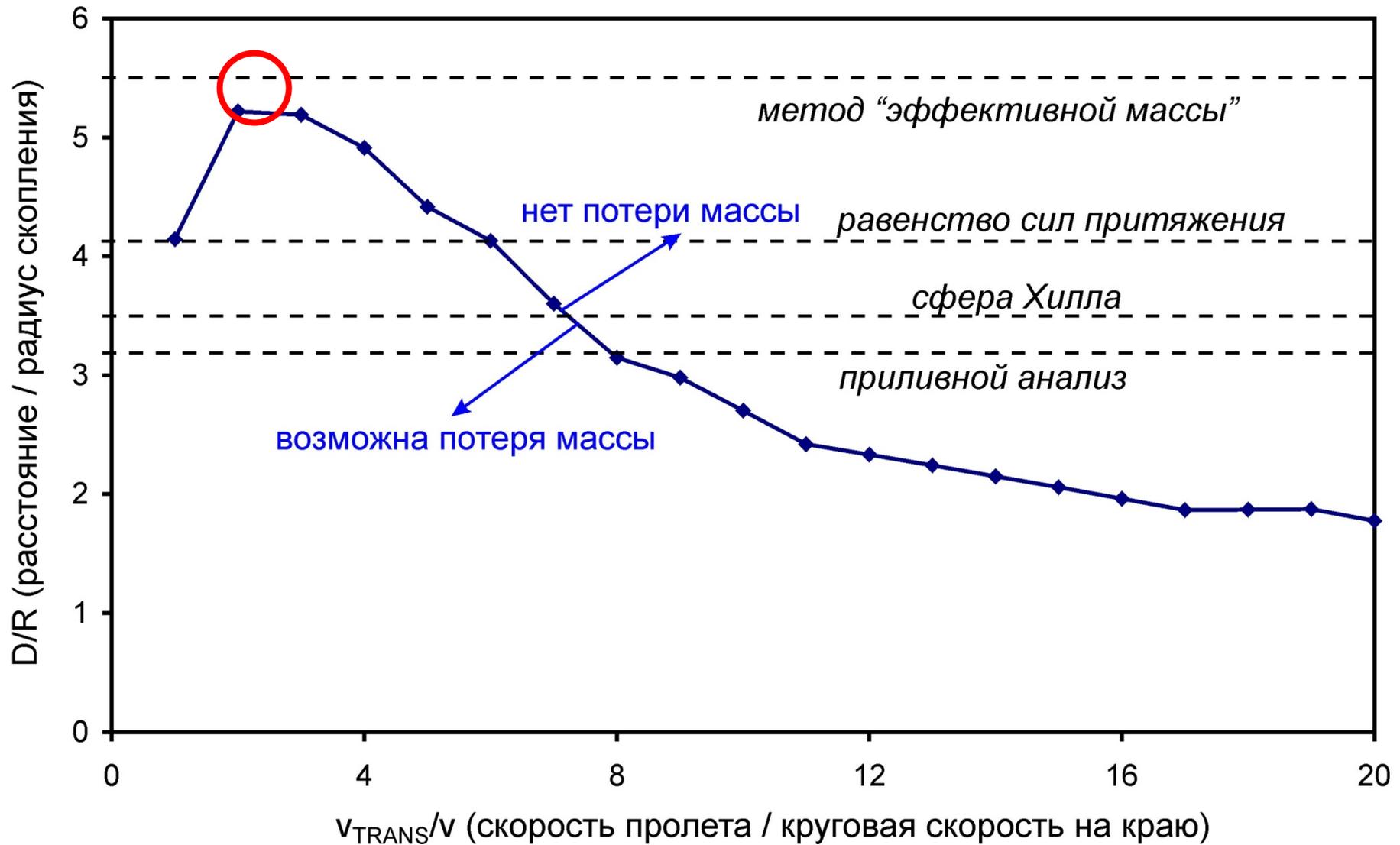
Эффективная масса:
$$m' = m - \frac{MR^2}{(D-R)^2}$$

Выход звезды из сферы действия скопления:
$$v = \sqrt{\frac{Gm}{R}} \geq \sqrt{\frac{2Gm'}{R}}$$

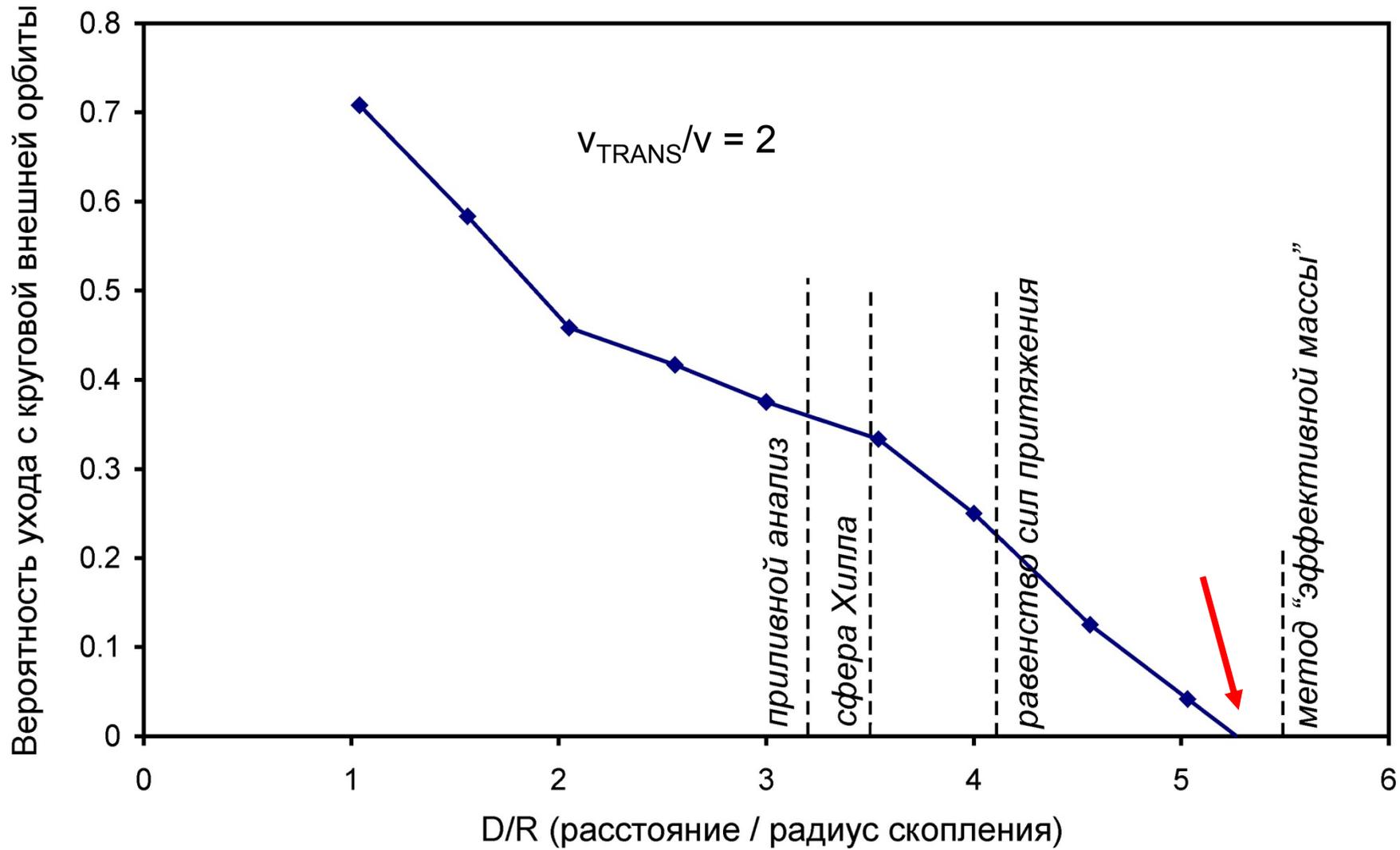
Максимальное расстояние:

$$m' \leq m/2; \quad \frac{R^2}{(D-R)^2} \geq \frac{m}{2M}; \quad D \leq R \cdot \left(\sqrt{\frac{2M}{m}} + 1 \right) = 5.5R = 110 \text{ нк.}$$

X/XI.5 ОПАСНОЕ СБЛИЖЕНИЕ

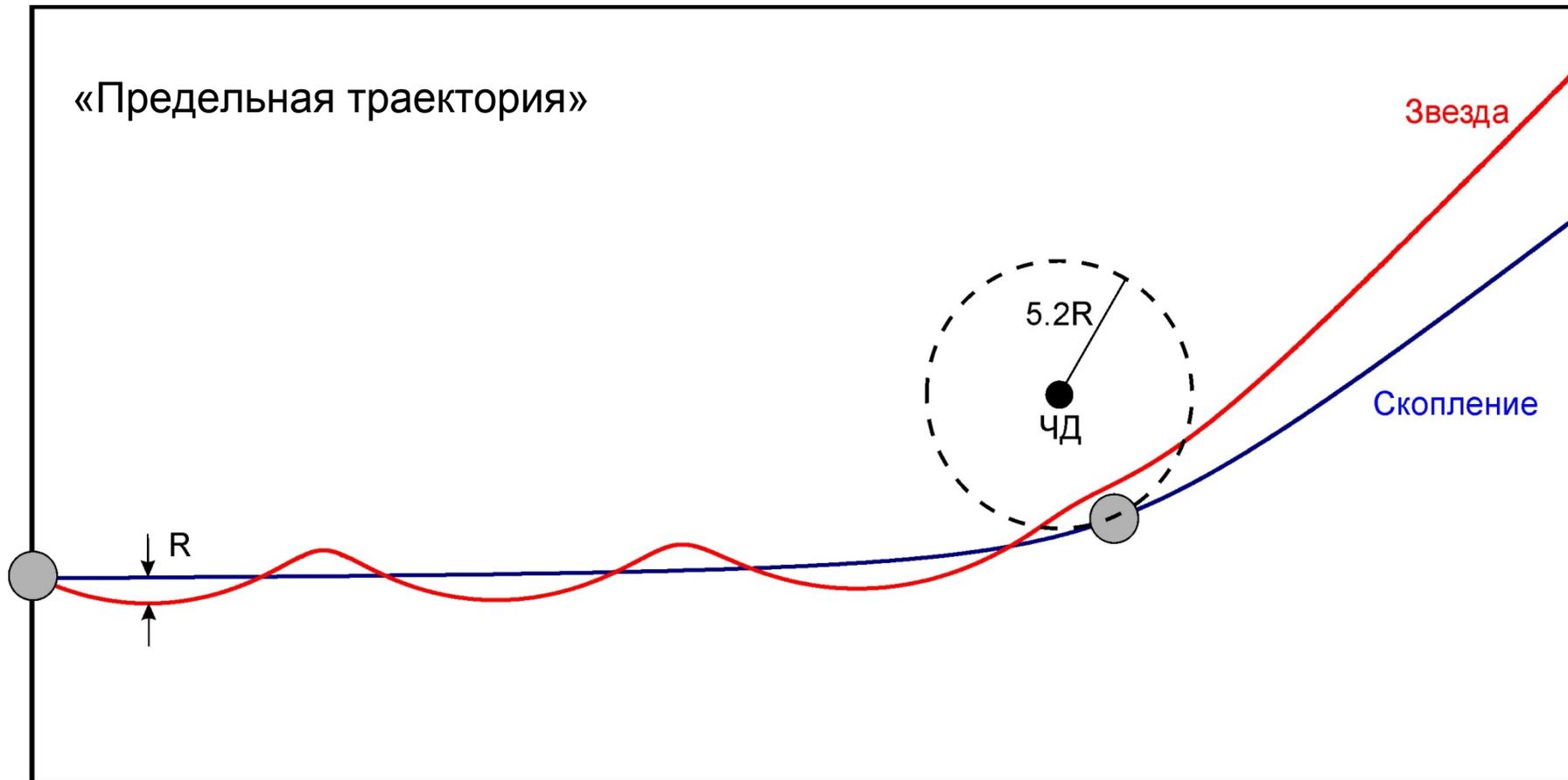


X/XI.5 ОПАСНОЕ СБЛИЖЕНИЕ



X/XI.5 ОПАСНОЕ СБЛИЖЕНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР





X/XI.5 ОПАСНОЕ СБЛИЖЕНИЕ

Система оценивания:

Метод с учетом движения звезд, ответ $5-6R$ до 16

Приливный метод, ответ $3-4R$ до 8
(приближение $R \ll D$) (до 6)

Равенство сил, ответ $\sim 4R$ до 8

Ответ $< 2R$ или $> 10R$ ~ 0



X.6 ДАЛЕКАЯ ЗЕМЛЯ

Считая, что светимость L и масса M желтых и красных карликов связаны как $L \sim M^4$, определите, у каких звезд можно найти планету с массой, альбедо и температурными условиями, аналогичными Земле, используя спектрограф с разрешением 10^8 .

X.6 ДАЛЕКАЯ ЗЕМЛЯ



Орбитальная скорость движения планеты: $v = \sqrt{\frac{GM}{D}}$.

Орбитальная скорость движения звезды: $V = v \frac{m}{M} = \sqrt{\frac{Gm^2}{MD}}$.

Разрешение спектрографа: $R = \lambda/\Delta\lambda$.

Условие обнаружения: $\frac{V}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \geq \frac{1}{R} \longrightarrow \sqrt{\frac{Gm^2}{MD}} \geq \frac{c}{R}$.

Сходство климата с земным: $\frac{L}{D^2} = \frac{L_0}{D_0^2}$.

Соотношение «масса-светимость»: $D = D_0 \sqrt{\frac{L}{L_0}} = D_0 \left(\frac{M}{M_0}\right)^2$.

$$\sqrt{\frac{Gm^2 M_0^2}{M^3 D_0}} \geq \frac{c}{R} \longrightarrow \left(\frac{M}{M_0}\right)^3 \leq \frac{R^2 Gm^2}{c^2 D_0 M_0} = \left(R \frac{m}{M_0} \cdot \frac{v_0}{c}\right)^2$$

$$(M/M_0) \leq 0.1.$$

X.6 ДАЛЕКАЯ ЗЕМЛЯ



Система оценивания:

Скорость звезды	4
Минимальная измеряемая скорость	4
Соотношение радиуса орбиты и светимости	4
Финальное ограничение массы	4
(Нет численного ответа)	(0)
(Численный ответ менее 0.05 или более 1 массы Солнца)	(0)
(Ответ не сформулирован как ограничение сверху)	(0)
(Правильный ответ из неверных предпосылок)	(0)

ИТОГО 16

(Перепутаны скорости звезды и планеты) ≤ 4
($R \leftrightarrow 2R$, ответ $\leq 0.16 M_0$) (=)



XI.2 ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ХОЛОД

В 1815 году на индонезийском острове Сумбава произошло извержение вулкана Тамбора, что привело к катастрофическим последствиям по всему земному шару. В 1816 году средняя температура Земли упала на 0.7°C , а в Европе и Северной Америке заморозки и снег наблюдались даже в июле (так называемый «год без лета»). Оцените, насколько изменилось сферическое альbedo Земли вследствие загрязнения атмосферы вулканическими выбросами, если известно, что сейчас оно составляет 0.306. Считайте, что вклад парникового эффекта в среднюю температуру Земли не изменился.

XI.2 ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ХОЛОД



Уравнение теплового баланса Земли: $E(1 - A)\pi R^2 = 4\pi R^2\sigma(T - \Delta T_G)^4 = 4\pi R^2\sigma T_E^4$.

Парниковый эффект

Загрязненная атмосфера: $E(1 - (A + \Delta A))\pi R^2 = 4\pi R^2\sigma(T - \Delta T - \Delta T_G)^4$.

$$\frac{1 - (A + \Delta A)}{1 - A} = \frac{(T - \Delta T - \Delta T_G)^4}{(T - \Delta T_G)^4}; \quad \longrightarrow \quad 1 - \frac{\Delta A}{1 - A} = \left(1 - \frac{\Delta T}{T - \Delta T_G}\right)^4$$

$$1 - \frac{\Delta A}{1 - A} = 1 - \frac{4\Delta T}{T - \Delta T_G} = 1 - \frac{4\Delta T}{T_E}$$

$$\Delta A = \frac{4\Delta T(1 - A)}{T_E} = 4\Delta T(1 - A) \cdot \left(\frac{4\sigma}{E(1 - A)}\right)^{1/4} = 0.008.$$



XI.2 ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ХОЛОД

Система оценивания:

Тепловой баланс	4
(Без учета парникового эффекта)	(0)
Эффективная температура	4
(Без обоснований)	(0)
Выражение для изменения альбедо	6
(Ошибка в знаке)	(2)
Ответ	2
(Если все сделано правильно)	

ИТОГО 16



XI.4 КРАСНЫЙ СИРИУС

Предположим, что Сириус вскоре погрузится в плотное облако межзвездной пыли. На сколько упадет его блеск в полосе V, если он станет такого же цвета, как и Арктур? Удельное поглощение в пыли обратно пропорционально длине волны в степени 1.33. Длина волны середины диапазона V – 540 нм, диапазона B – 442 нм. Видимые звездные величины Сириуса и Арктура в полосе V составляют -1.46^m и -0.04^m , показатели цвета 0.00^m и $+1.23^m$ соответственно.



XI.4 КРАСНЫЙ СИРИУС

Поглощение в двух полосах: $\frac{E_B}{E_V} = \left(\frac{\lambda_B}{\lambda_V} \right)^{-1.33} = 1.305.$

Связь поглощения в полосе V и покраснения: $\frac{E_{B-V}}{E_V} = \frac{E_B - E_V}{E_V} = 0.305.$

Сириус: B – V изменяется на 1.23^m , V изменяется на $1.23/0.305 = 4.03^m$

$$m_V = -1.46 + 4.03 = 2.57.$$



XI.4 КРАСНЫЙ СИРИУС

Система оценивания:

Связь поглощения и покраснения 10

Вычисление звездной величины
либо ее изменения 6

ИТОГО 16



XI.6 СРЕДИ МНОЖЕСТВА ПАР

Предположим, что в нашей Галактике существует особый класс абсолютно одинаковых двойных систем с одинаковыми компонентами, подобными Солнцу, удаленными друг от друга на 1 а.е. и обращающимися по круговым орбитам. Концентрация таких систем в пространстве постоянна (в частности, не зависит от расстояния от плоскости диска Галактики) и равна 0.001 пк^{-3} . В Вашем распоряжении имеются обсерватории в северном и южном полушариях Земли. На каждой из них есть фотометр, которому доступны звезды до 15^m , имеющий точность 0.001^m , спектрограф с разрешением 10^5 и предельной величиной 12^m и астрограф с угловым разрешением $0.1''$ и предельной звездной величиной 20^m . Сколько таких пар будет открыто как спектрально-двойные? оптические двойные? затменные переменные? Межзвездным поглощением света пренебречь.



XI.6 СРЕДИ МНОЖЕСТВА ПАР

Оптические двойные:

1 а.е. под углом $0.1''$: $r_0 = 10$ пк. Звездная величина (4.7^m & 4.7^m) достаточна.

Количество пар, доступных астрографу: $N_o = \frac{4}{3} \pi \cdot r_o^3 n \approx 4.$

XI.6 СРЕДИ МНОЖЕСТВА ПАР



Затменные переменные:

$$\gamma = \frac{2R}{L} = 0.0094 \text{ рад}$$

Вероятность системы
оказаться затменной:

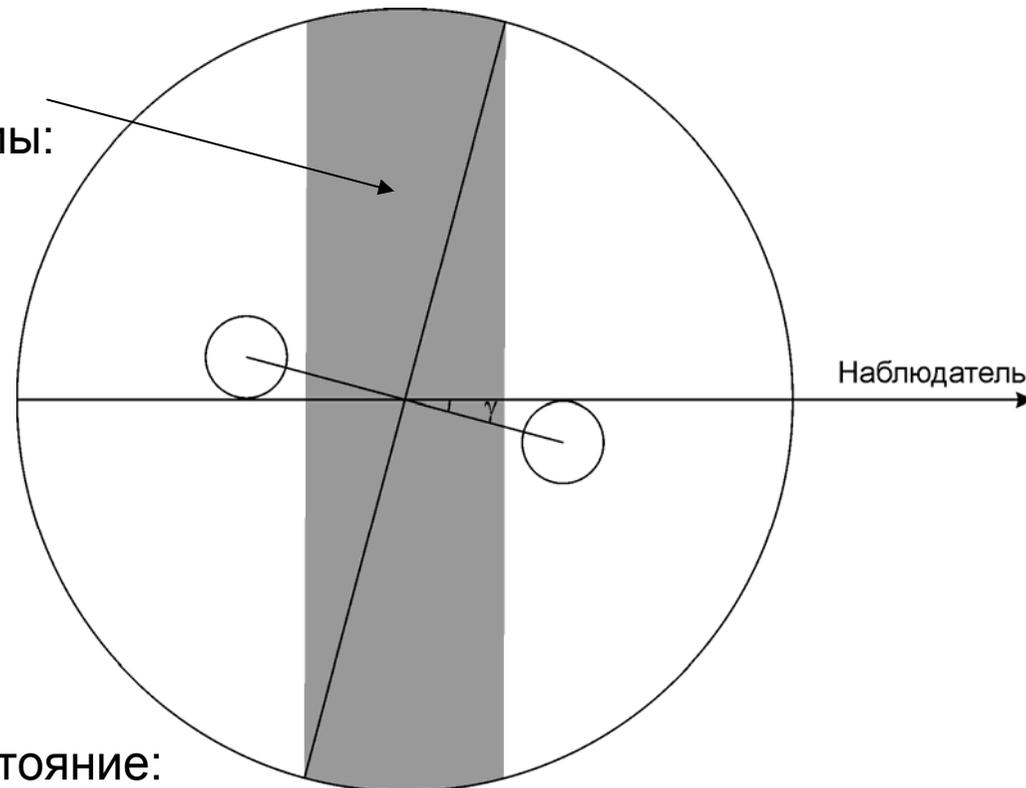
$$P_E = \frac{2\pi \cdot 2\gamma}{4\pi} = \gamma.$$

$M = 4$; $m = 15$. Максимальное расстояние:

$$\lg r_E = 1 + \frac{m - M}{5}; \quad r_E = 1600 \text{ пк.}$$

Количество затменных пар, доступных фотометру: $N_E = \frac{4}{3} \pi \cdot r_E^3 n \cdot \gamma \approx 1.6 \cdot 10^5$.

Положения оси
вращения системы:



XI.6 СРЕДИ МНОЖЕСТВА ПАР



Спектрально-двойные:

Скорость движения звезды:

$$\frac{G\mu}{R^2} = \frac{v^2}{R/2}; \quad v = \sqrt{\frac{G\mu}{2R}} = 21 \text{ км/с.}$$

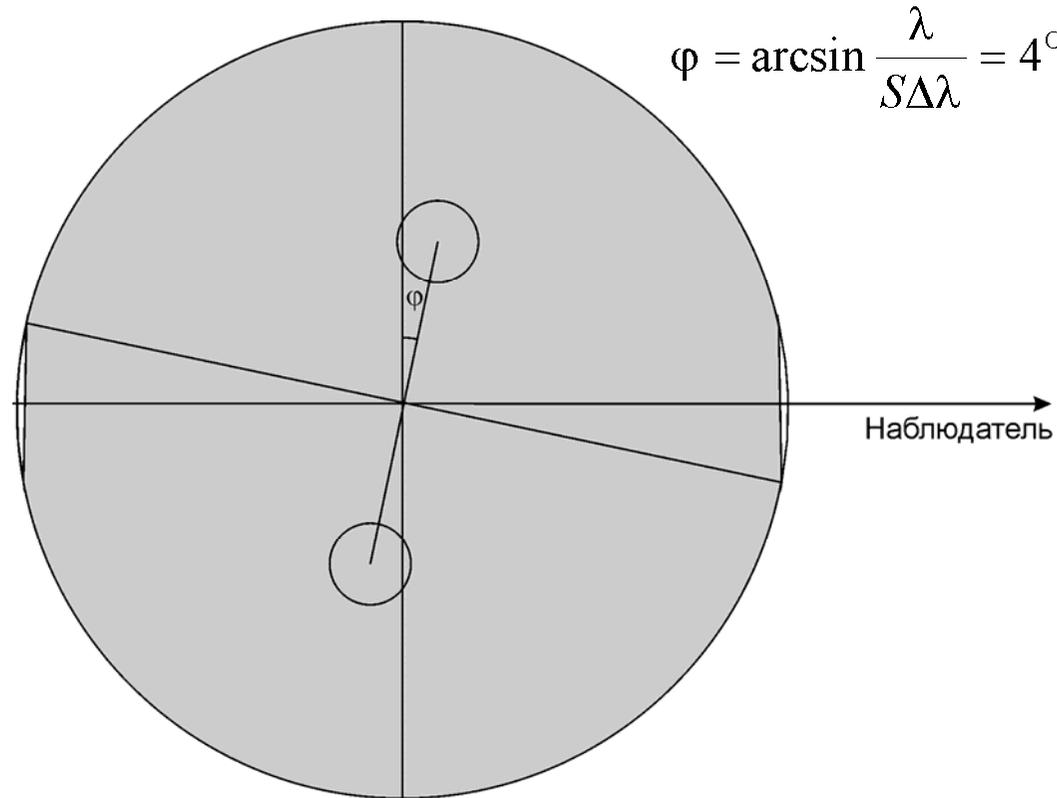
Раздвоение спектральной линии
(орбита на луче зрения):

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{2v}{c} = 1.4 \cdot 10^{-4}.$$

Максимальное расстояние:

$$\lg r_s = 1 + \frac{m - M}{5}; \quad r_s = 400 \text{ пк.}$$

Число спектрально-двойных: $N_s = \frac{4}{3} \pi \cdot r_s^3 n \approx 2.7 \cdot 10^5.$





XI.6 СРЕДИ МНОЖЕСТВА ПАР

Система оценивания:

Число оптических двойных (Не проверена звездная величина)	4 (≤ 2)
Число затменных переменных (Не учтен геометрический фактор) (Ошибка в вычислении вероятности до 2 раз) (Ошибка в абсолютной величине до 0.7^m)	6 (0) (≤ 4) (≤ 4)
Число спектрально-двойных (Не оговорен геометрический фактор) (Ошибка в абсолютной величине до 0.7^m) (Сочетание обеих ошибок)	6 (-4) (-2) (≤ 2)

ИТОГО

16