

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.

Практический тур



IX.7

ОКОЛО ВЕГИ

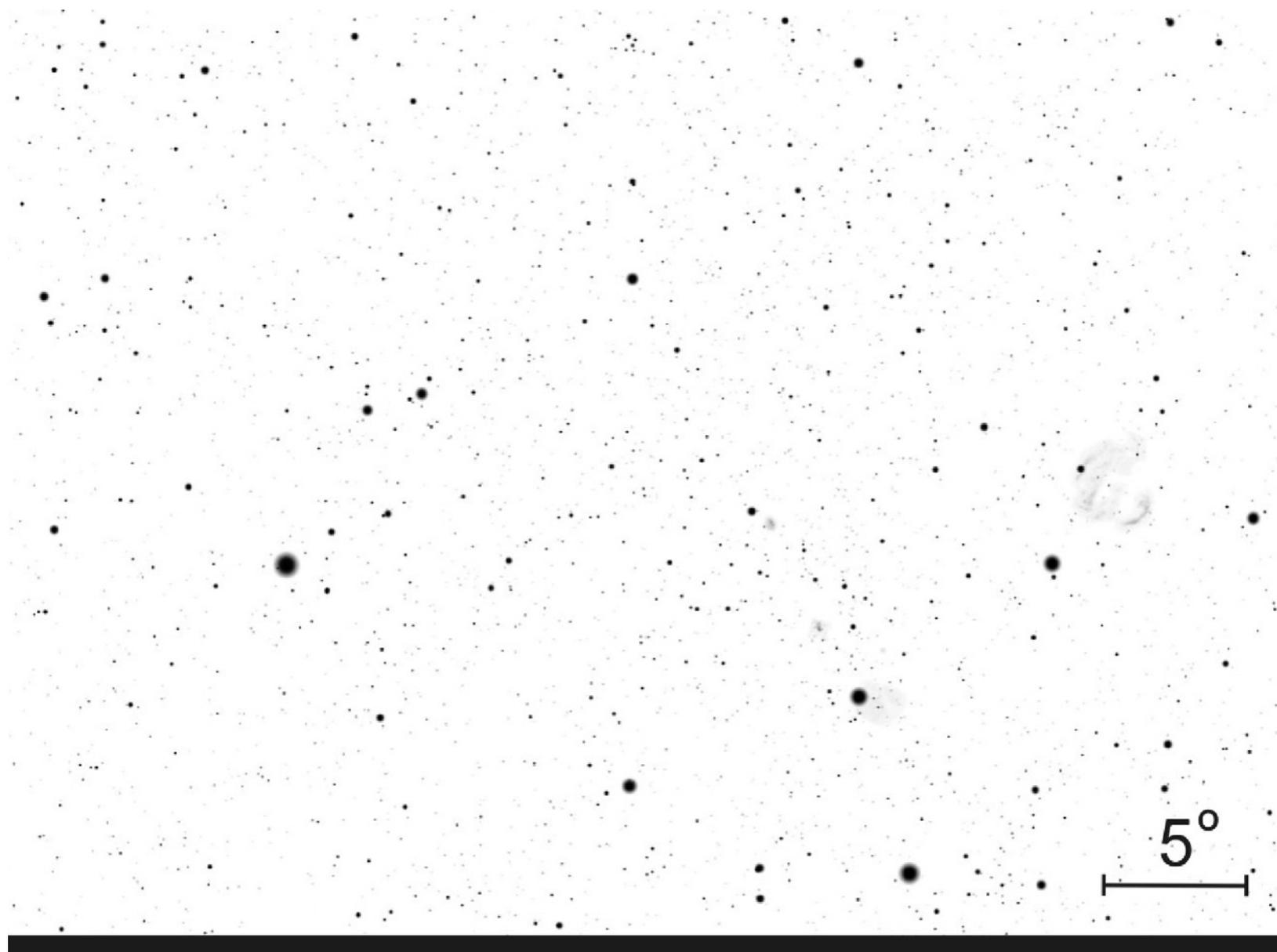


На рисунке представлена область неба с окрестностями звезды Вега ($\alpha = 18^{\text{ч}}38^{\text{м}}$, $\delta = +38^{\circ}48'$) в момент ее верхней кульминации. Горизонт – тёмная полоса вдоль нижнего края рисунка. Подпишите названия известных вам созвездий и их главных звезд, укажите положение точек юга, севера, востока или запада на горизонте, если они попадают на рисунок. Определите широту места наблюдения.

IX.7

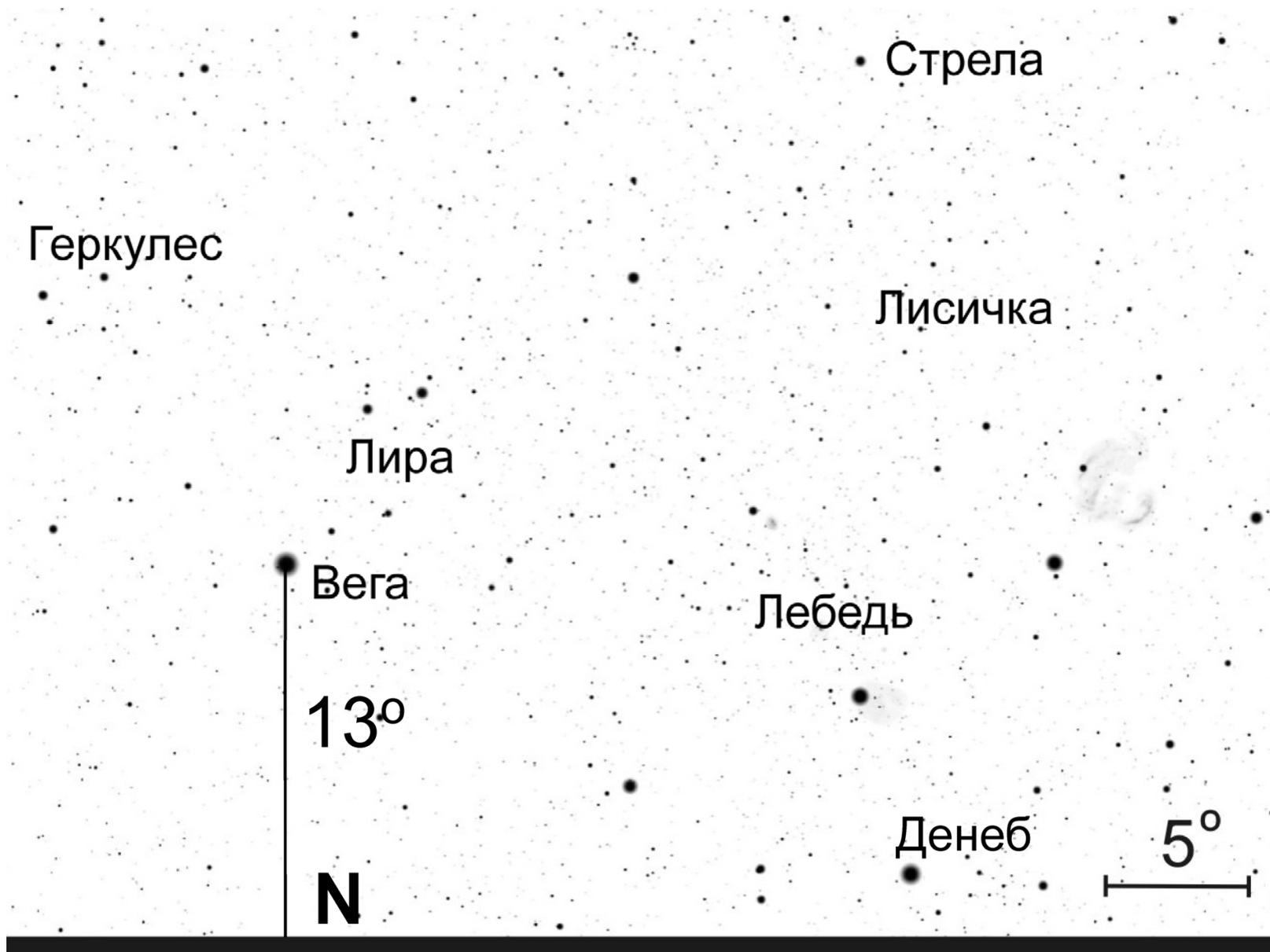
ОКОЛО ВЕГИ

ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР



IX.7

ОКОЛО ВЕГИ





IX.7

ОКОЛО ВЕГИ

Высота в верхней кульминации: $h = 90^\circ - |\varphi - \delta|$; $|\varphi - \delta| = 77^\circ$.

Широта места: $\varphi = -77^\circ + \delta = -90^\circ + \delta + h = -38^\circ$.

IX.7

ОКОЛО ВЕГИ



Система оценивания:

Широта места	12
(Использование формулы для северного полушария)	(0)
(Ответ в северном полушарии)	(0)
(Ошибка более 1°)	(-4)
Указание точки севера	4
Лира, Лебедь, Геркулес, Стрела, Лисичка	по 0.5 x 2
Вега, Денеб	по 0.5 x 2
Округление	0.5 x 2
<hr/>	
ИТОГО	24
Ошибочный объект	-0.5 x 2



IX.8

ПОСТОЯННАЯ ХАББЛА

Некий любитель астрономии решил самостоятельно определить значение постоянной Хаббла H , связывающей скорость удаления далекой галактики v и расстояние до нее r ($v=H \cdot r$). Для этого он по разным каталогам и критериям отобрал спиральные галактики, относящиеся к типу SBbc – тому же, что и Галактика Млечный Путь. Вам дана составленная им таблица с лучевыми скоростями галактик и их угловыми размерами. Оцените значение постоянной Хаббла по этим данным. Проанализируйте полученный результат.

IX.8

ПОСТОЯННАЯ ХАББЛА

ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР



Название	V, км/сек	Диаметр большой оси, '	Диаметр малой оси, '
Млечный путь	---	---	---
Gal1	20	15	7
Gal2	3290	1	0.4
Gal3	300	10	2
Gal4	1000	10	9
Gal5	50	22	15
Gal6	3200	4	4
Gal7	1620	7	6.5
Gal8	12300	0.4	0.2
Gal9	23400	0.3	0.3
Gal10	120	17	16
Gal11	10800	0.7	0.7
Gal12	17200	0.4	0.4
Gal13	1200	3	1
Gal14	21100	0.2	0.1
Gal15	18200	0.2	0.1

IX.8

ПОСТОЯННАЯ ХАББЛА

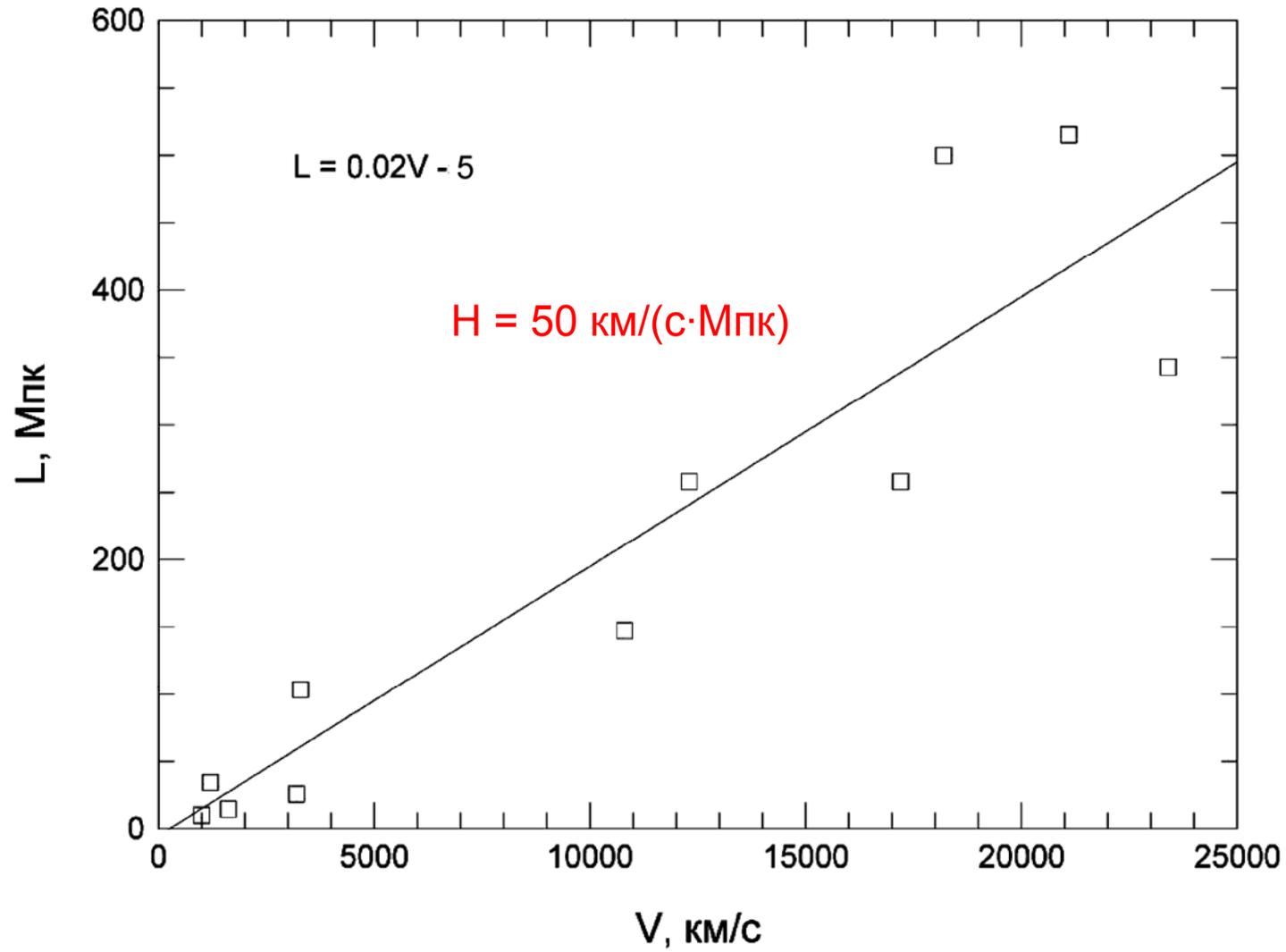


Радиус галактик $R = 15$ кпк:

Название	V , км/сек	Диаметр большой оси, '	Расстояние, Мпк
Млечный путь	---	---	---
Gal1	20	15	7
Gal2	3290	1	103
Gal3	300	10	10.3
Gal4	1000	10	10.3
Gal5	50	22	4.7
Gal6	3200	4	25.8
Gal7	1620	7	14.7
Gal8	12300	0.4	258
Gal9	23400	0.3	343
Gal10	120	17	6
Gal11	10800	0.7	147
Gal12	17200	0.4	258
Gal13	1200	3	34.3
Gal14	21100	0.2	515
Gal15	18200	0.2	515

IX.8

ПОСТОЯННАЯ ХАББЛА



IX.8

ПОСТОЯННАЯ ХАББЛА



Система оценивания:

Оценка радиуса галактик (от 12 до 20 кпк)	6
Определение угл.коэффициента	14
(Без отсечения близких галактик)	(-4)
(Усреднение v/R по отдельным галактикам)	(-8)
(Графически)	(-4)
Анализ результатов	4

ИТОГО 24

Табличное значение H без правильных обоснований 4

IX/X.9

МЕЖДУ ЭКВАТОРОМ И ПОЛЮСОМ

ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР



Перед Вами фотографии, сделанные в некоторой точке Земли. Определите примерную дату и истинное солнечное время съемки. Считать, что все фото получены одновременно.

IX/X.9

МЕЖДУ ЭКВАТОРОМ И ПОЛЮСОМ

ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР



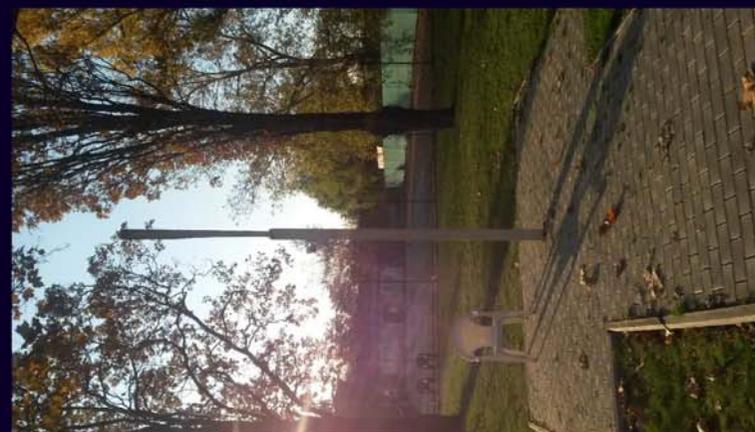
1



2



3

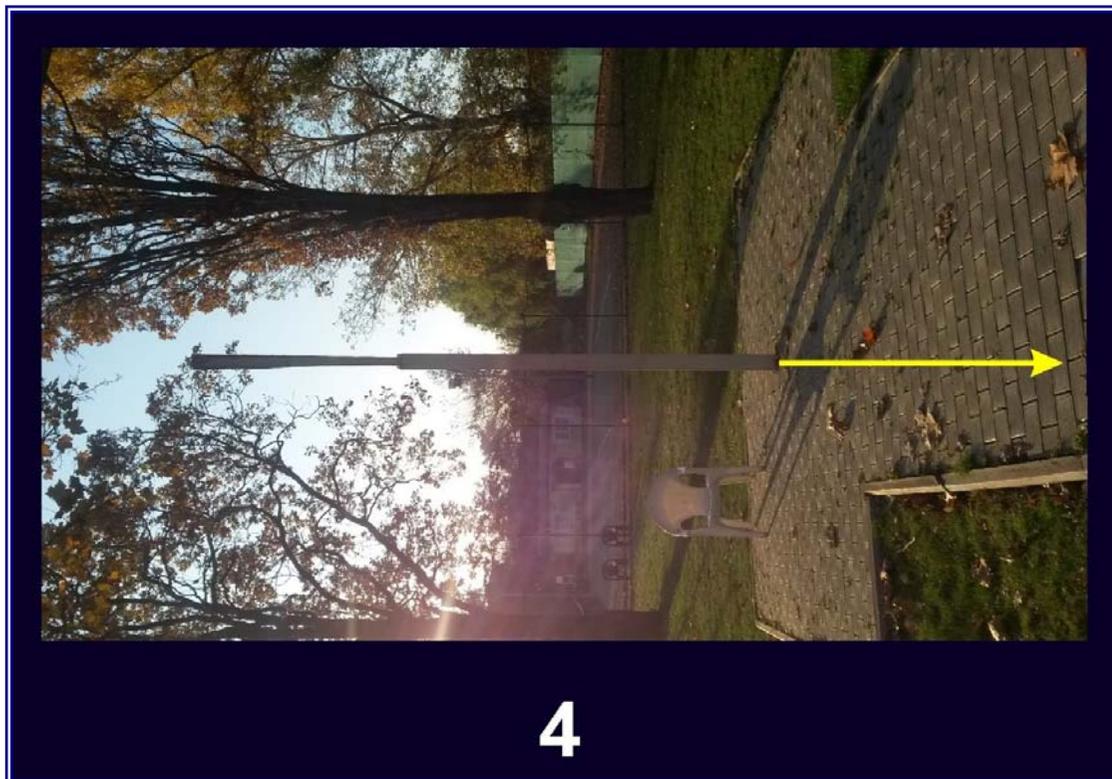


4

IX/X.9

МЕЖДУ ЭКВАТОРОМ И ПОЛЮСОМ

ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР



Линия «запад-восток»

IX/X.9

МЕЖДУ ЭКВАТОРОМ И ПОЛЮСОМ

ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР



3

$$\gamma \approx 35^\circ.$$

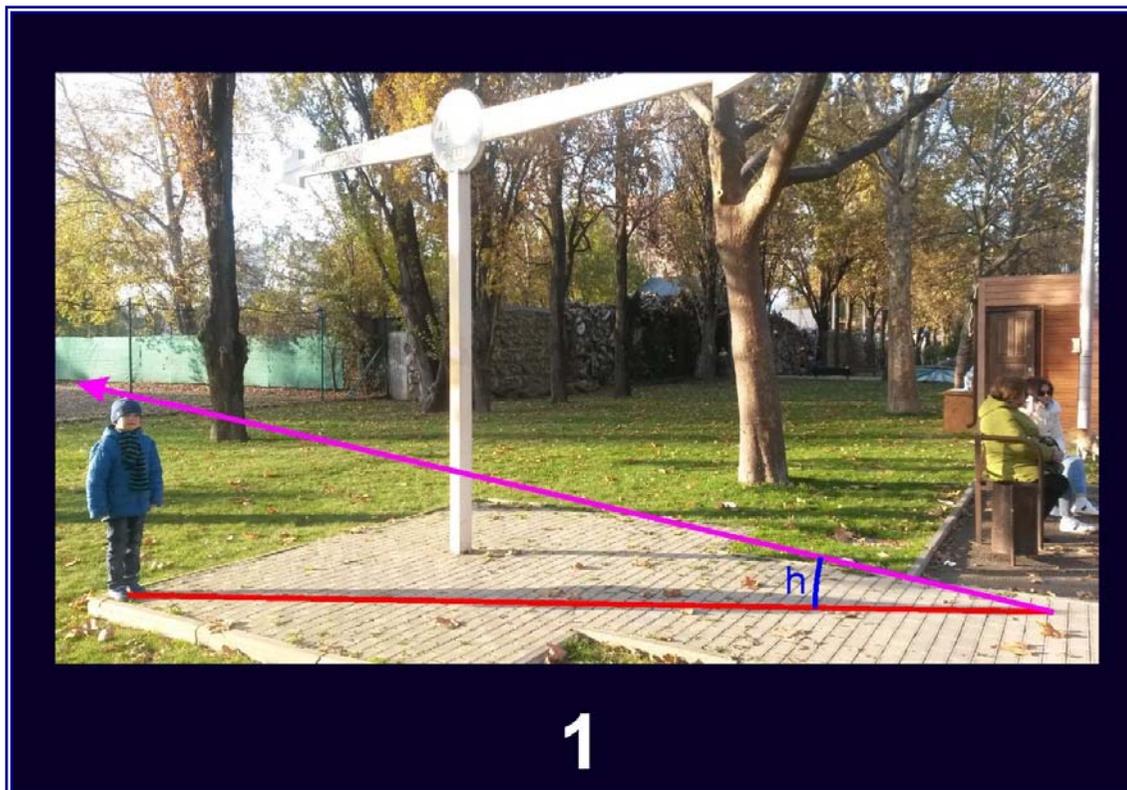
$\gamma = 90^\circ - A$ (случай 1)
(желтая стрелка на восток)

$\gamma = -90^\circ - A$ (случай 2)
(желтая стрелка на запад)

IX/X.9

МЕЖДУ ЭКВАТОРОМ И ПОЛЮСОМ

ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР



$h = 12^\circ$.

IX/X.9

МЕЖДУ ЭКВАТОРОМ И ПОЛЮСОМ

ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР



$$\lambda = \arctg \frac{h}{\gamma} = 19^\circ.$$

Случай 1 (вечер):
Склонение Солнца:

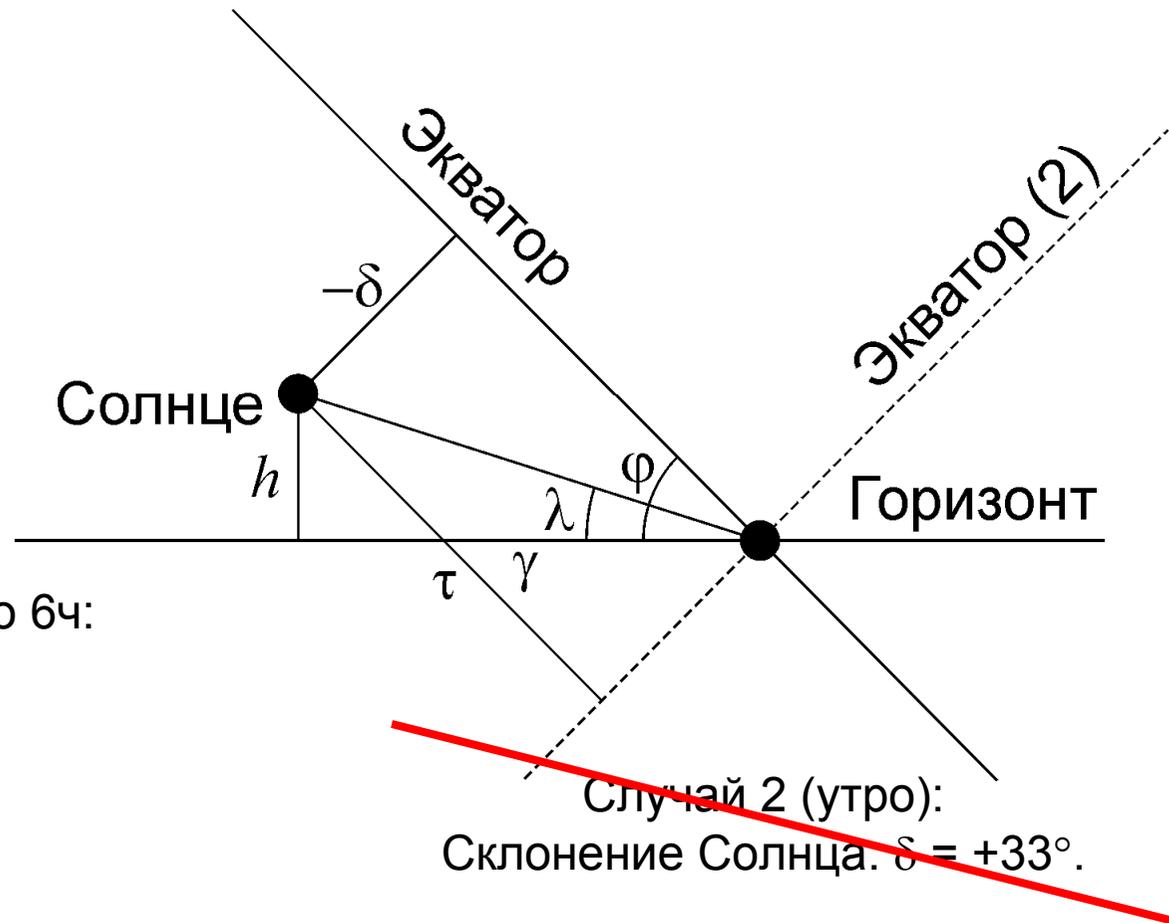
$$\delta = -\frac{h}{\sin \lambda} \sin(\varphi - \lambda) = -16^\circ.$$

Дополнение часового угла до 6ч:

$$\tau = \frac{h}{\sin \lambda} \sin\left(\frac{\pi}{2} - \varphi + \lambda\right) = 33^\circ$$

Истинное солнечное время:
 $T = 18ч - \tau = 15ч48м.$

Сезон: начало февраля или начало ноября.



**Реально:
5 ноября 15.37 ИСВ**



Система оценивания:

Высота Солнца (погрешность до 1°)	4
(Погрешность до 2°)	(2)
Азимут (погрешность до 5°)	6
(Погрешность до 7°)	(4)
(Погрешность до 10°)	(2)
(Площадка ориентирована строго с востока на запад)	(0)
(Погрешность более 15°)	(далее – 0.5)
(Погрешность более 30°)	(далее – 0)
Анализ утреннего случая	4
(Он оказывается возможен, но не соответствует пейзажу)	(2)
(Он возможен и рассматривается как ответ)	(0)
Склонение Солнца	4
Часовой угол Солнца, истинное время	4
Дата (с оговоренным случаем февраля)	2

ИТОГО

24



X/XI.7 ДАЛЕКИЙ ОБЪЕКТ

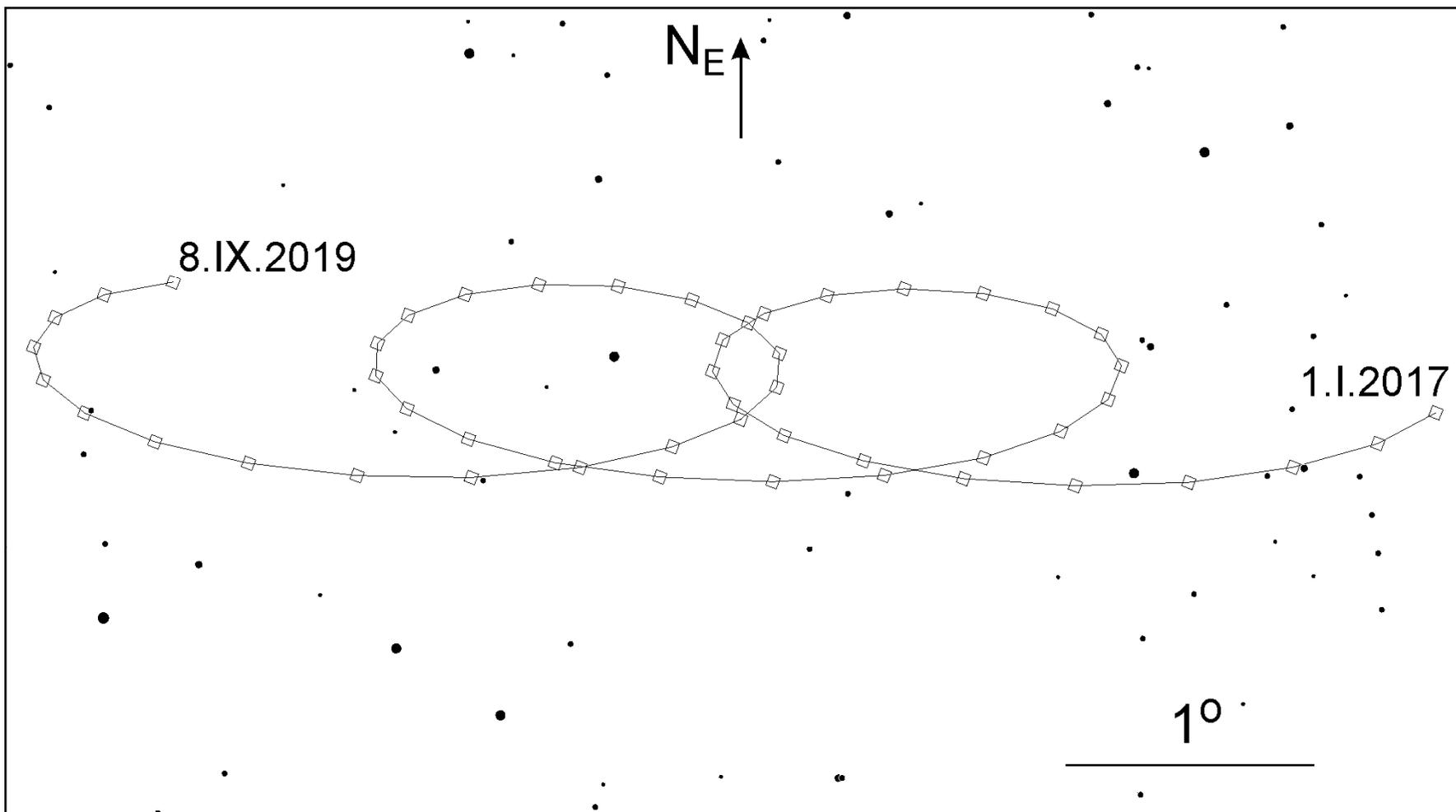
Вы видите карту видимого пути среди звезд объекта пояса Койпера вблизи его перигелия за несколько лет. Направление вверх соответствует направлению на северный полюс эклиптики, указан масштаб карты и даты начала и конца трека. Интервалы между соседними отметками на треке соответствуют 20 дням. Определите по этой карте:

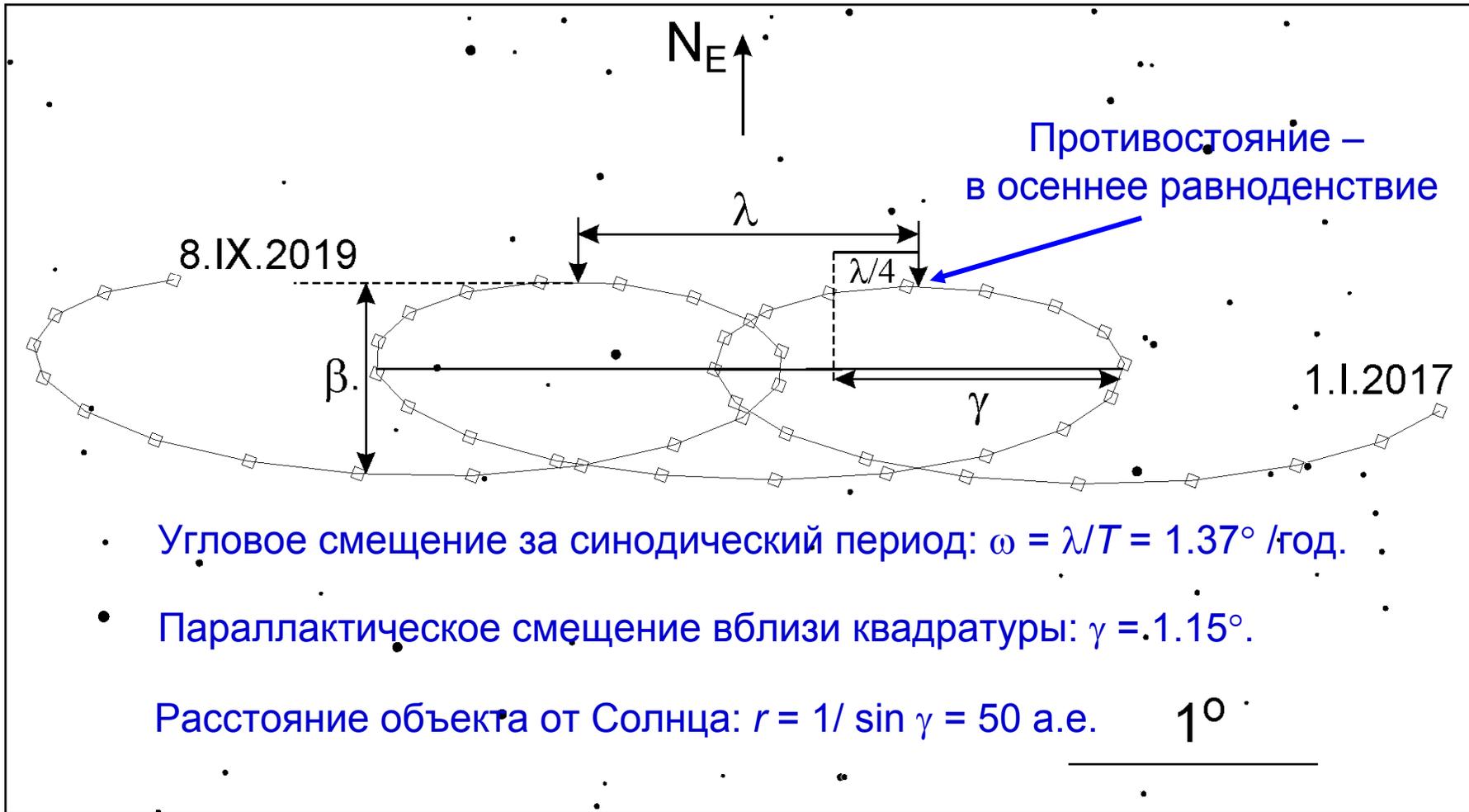
- 1) Расстояние объекта от Солнца;
- 2) Его орбитальный период;
- 3) Созвездие, в котором находится объект.

X/XI.7

ДАЛЕКИЙ ОБЪЕКТ

ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР





Круговая угловая скорость:
 $\omega_0 = 1.02^\circ / \text{год}$

Эксцентриситет орбиты: $e = \frac{\omega^2}{\omega_0^2} - 1 = 0.8$.



Большая полуось орбиты: $a = r / (1 - e) = 250$ а.е.

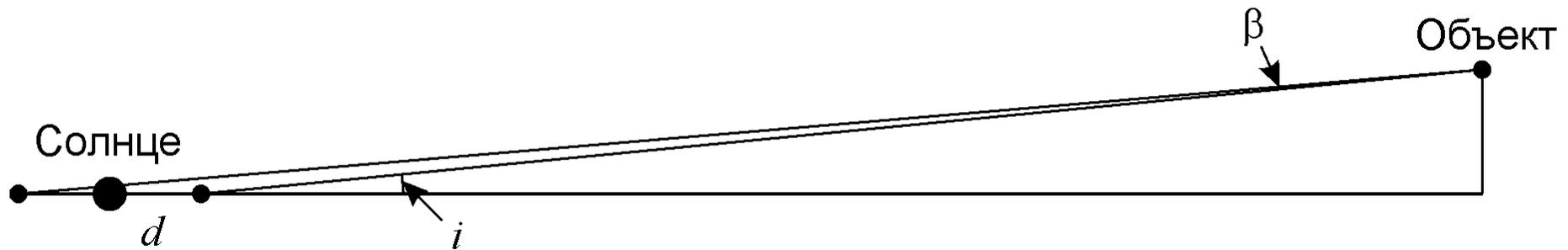
Период обращения: $T = a^{3/2} = 4000$ лет.

Круговая угловая скорость:
 $\omega_0 = 1.02^\circ/\text{год}$

Эксцентриситет орбиты: $e = \frac{\omega^2}{\omega_0^2} - 1 = 0.8$.



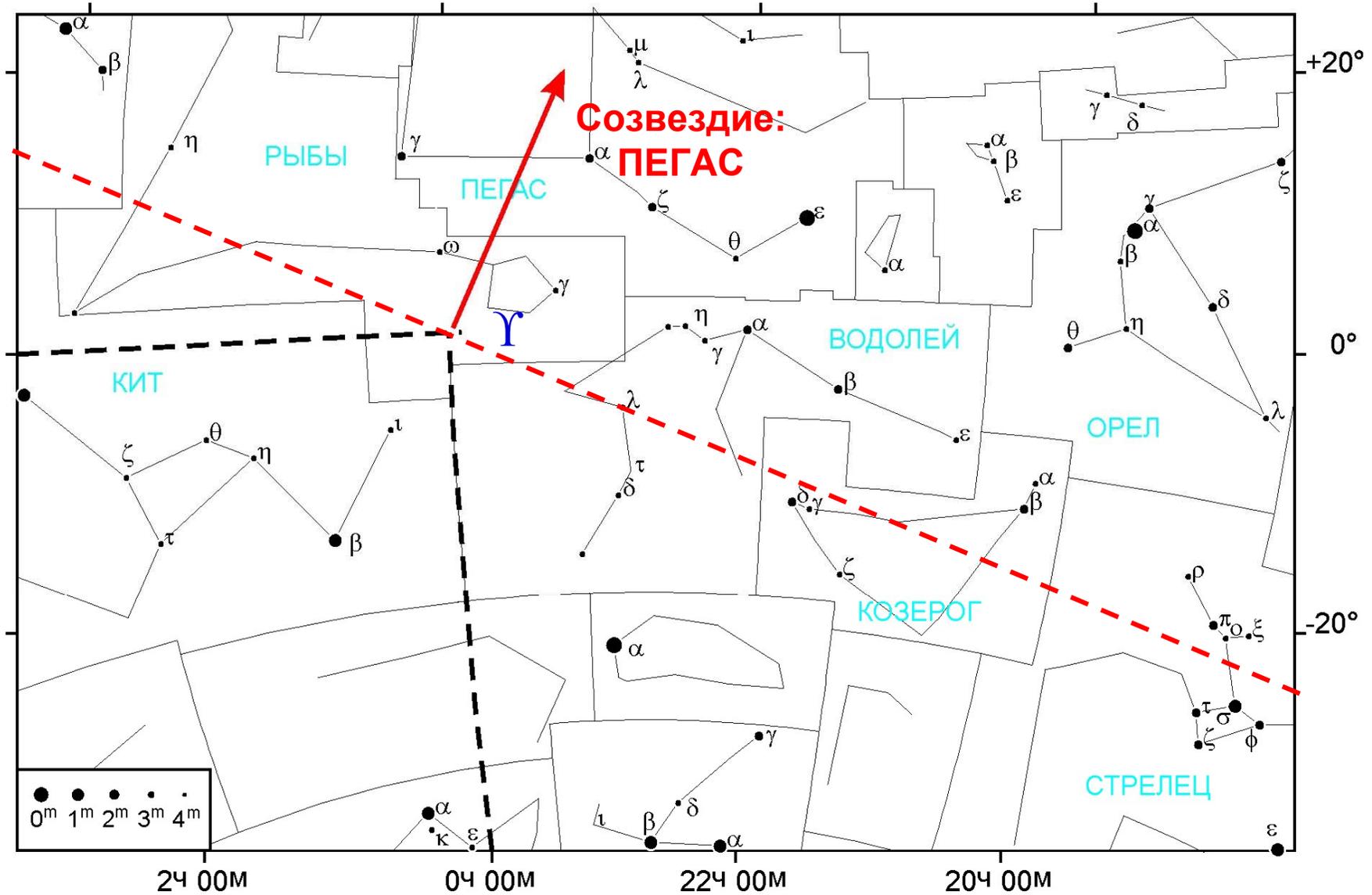
X/XI.7 ДАЛЕКИЙ ОБЪЕКТ



Наклонение орбиты: $i = \arcsin \frac{r \sin \beta}{2d} = 20^\circ$.

X/XI.7

ДАЛЕКИЙ ОБЪЕКТ





X/XI.7 ДАЛЕКИЙ ОБЪЕКТ

Система оценивания:

Расстояние объекта от Солнца	8
(Без учета $\lambda/4$ в параллаксе – потеря второго этапа, $e > 1$!)	(4)
(III закон Кеплера на основе смещения за год – 2 балла за 2 этап)	(2)
Орбитальный период	8
(Круговая орбита)	(2)
(Измерительная ошибка e больше 0.1, $T < 2200$ или $T > 11000$ лет)	(4)
(Физические ошибки)	(≤ 2)
Созвездие	8
(Рыбы без вычисления экл.широты)	(0)
(Правильная экл.широта, но нет правильного созвездия)	(4)
(Пегас без вычислений и обоснований)	(2)

ИТОГО

24



X/XI.8

НЕОБЫЧНАЯ СВЕРХНОВАЯ

Перед Вами спектр интересной сверхновой звезды SN 2009ip (сливающиеся черная и красная линии с подписями Вок 2012 и Lick 2012). Основная вспышка этой звезды состоялась в сентябре 2012 года, после нескольких предварительных вспышек. Сверхновая располагается в галактике NGC 7259 (10 класс: расстояние 25 Мпк; 11 класс: красное смещение $z = 0.006$). Оцените угловой диаметр туманности – остатка вспышки Сверхновой при наблюдении с Земли в марте 2018 года. Считать, что туманность появилась только после основной вспышки.

X/XI.8

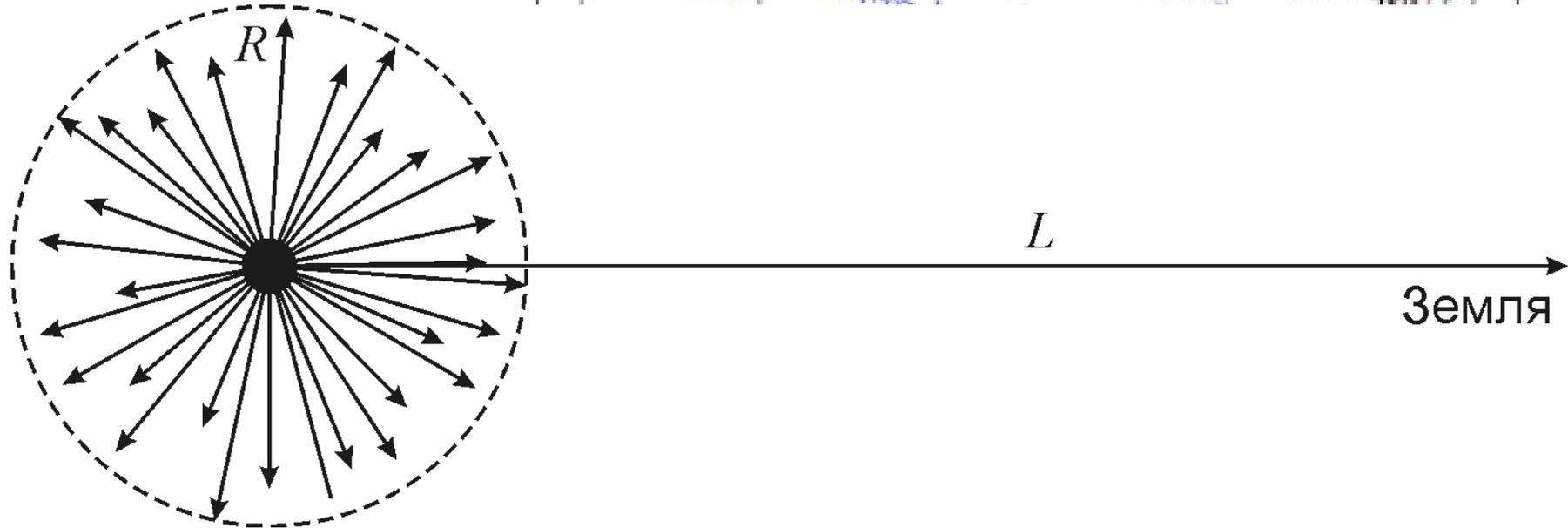
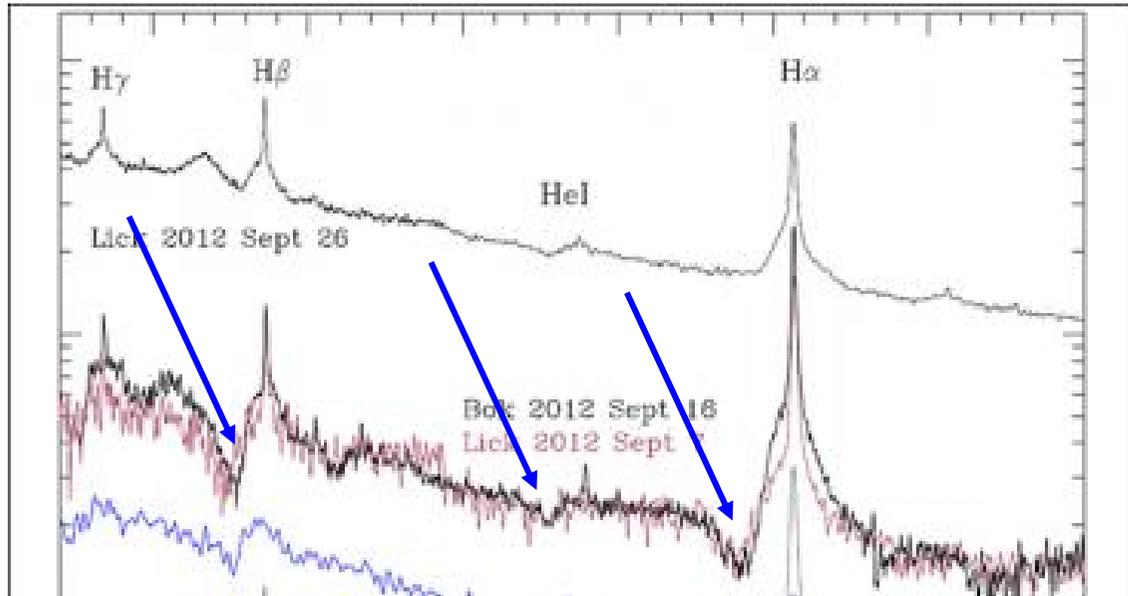
НЕОБЫЧНАЯ СВЕРХНОВАЯ



11 класс:

Расстояние до галактики:

$$L = \frac{v_G}{H} = \frac{c \cdot z}{H} \approx 25 \text{ Мпк}$$



X/XI.8

НЕОБЫЧНАЯ СВЕРХНОВАЯ

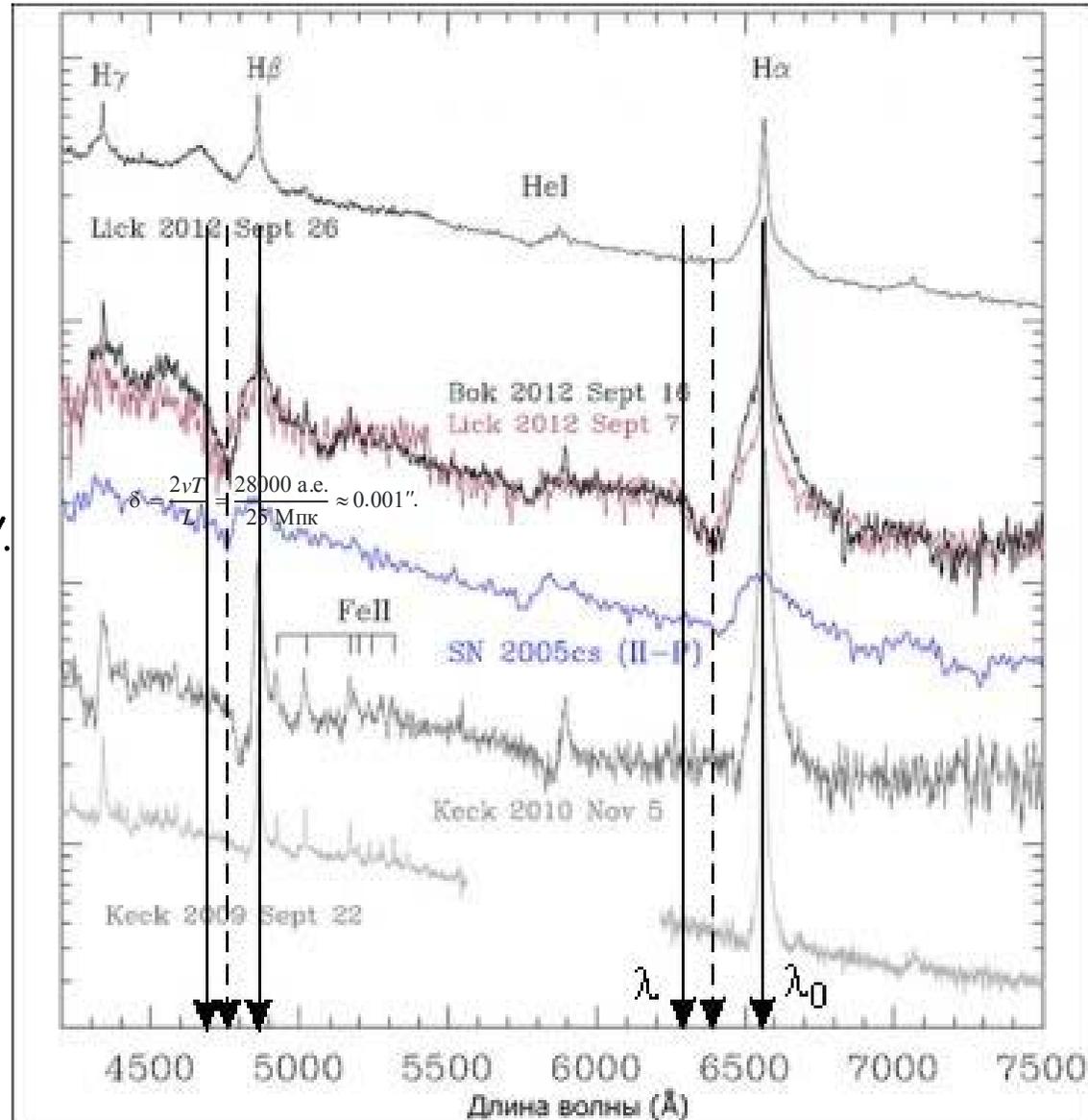


Максимальная скорость:

$$v = c \frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda_0} = 12000 \text{ км/с.}$$

Угловой диаметр
туманности:

$$\delta = \frac{2vT}{L} = \frac{28000 \text{ а.е.}}{25 \text{ Мпк}} \approx 0.001''.$$



**X/XI.8****НЕОБЫЧНАЯ СВЕРХНОВАЯ**

Система оценивания:	10	11
Расстояние до галактики	-	6
Скорость расширения туманности	16	12
(Не по спектральным линиям)	(0)	(0)
(По центру линии поглощения)	(10)	(8)
(Использование лабораторного значения λ_0)	(14)	(10)
Видимый размер туманности	8	6
(Расширение от 2009 года)	(6)	(4)
<hr/>		
ИТОГО	24	24



XI.9

КАРЛИКИ В СКОПЛЕНИИ

Перед Вами фото шарового звездного скопления М4 и его фрагмента, на котором Космическому телескопу им. Хаббла удалось запечатлеть белые карлики, обведенные на снимке кружками. Считая температуру поверхности белых карликов равной 12000 К, а размеры – аналогичными Земле, оцените начальную функцию масс скопления (распределение звезд по массам при их образовании). Найдите ее в виде $n(M) \sim M^{-N}$, где $n(M)$ – число звезд с массой больше M . Возраст скопления – 13 млрд лет.

XI.9

КАРЛИКИ В СКОПЛЕНИИ

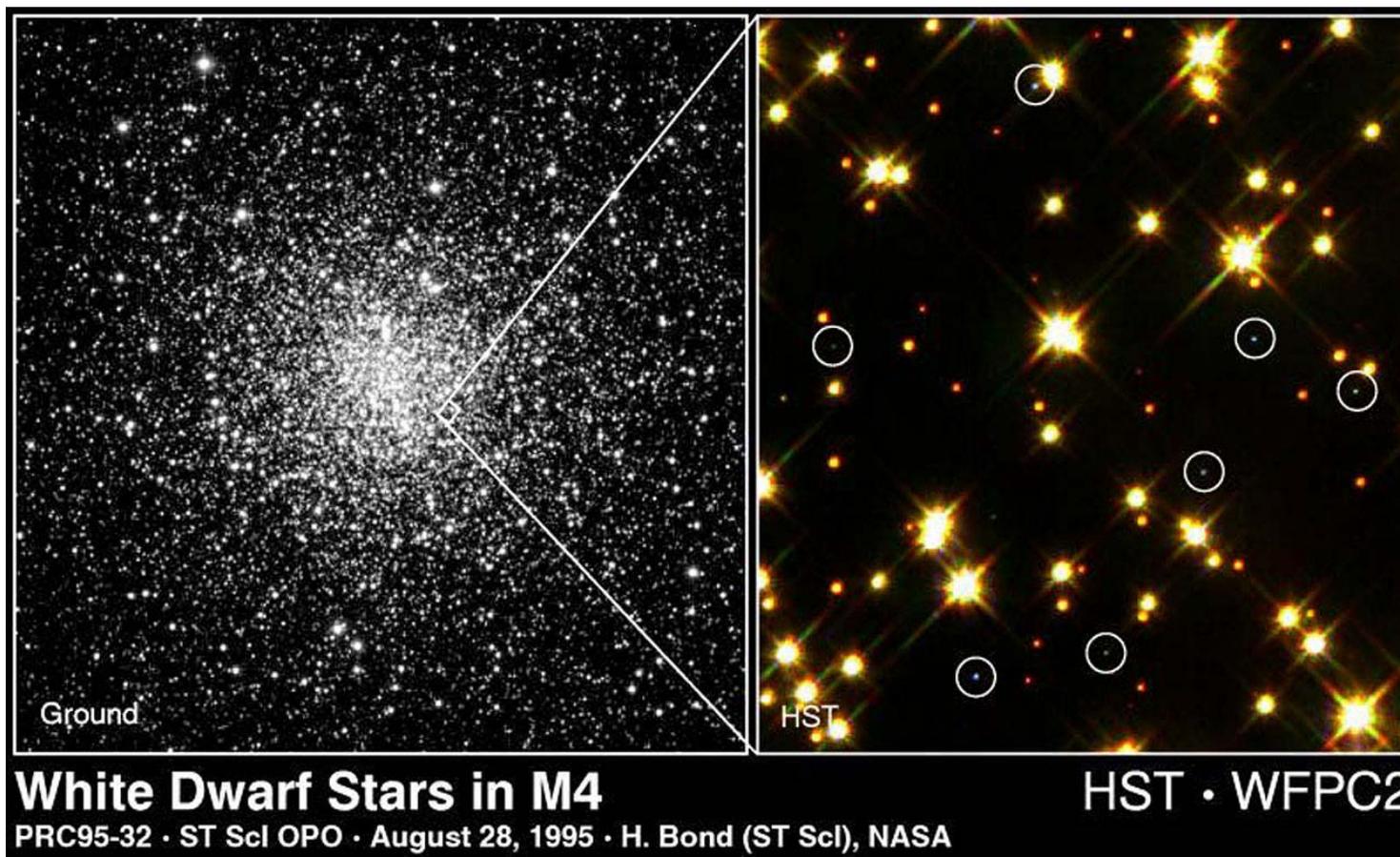


Фото 2: 7 белых карликов и ~100 других (более ярких) звезд.



XI.9

КАРЛИКИ В СКОПЛЕНИИ

Светимость белого карлика
(по отношению к солнечной): $\frac{L_W}{L_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^4 \left(\frac{R}{R_0}\right)^2 = 1.3 \cdot 10^{-3}$.

Время жизни звезды с массой M : $\tau = \tau_0 \left(\frac{M_0}{M}\right)^3$.

Минимальная начальная масса
звезды, ставшей белым карликом: $\frac{M_W}{M_0} = \left(\frac{\tau_0}{\tau}\right)^{1/3} \approx 1$.

Минимальная масса видимой
звезды главной последовательности: $\frac{M_R}{M_0} = \left(\frac{L_W}{L_0}\right)^{1/4} = \frac{T}{T_0} \sqrt{\frac{R}{R_0}} \approx 0.2$.

Соотношение количества звезд: $\frac{M_W^{-N}}{M_R^{-N} - M_W^{-N}} = \frac{n_W}{n_R} = 0.07$.

Показатель степени: $N = -\frac{\ln(n_W / (n_R + n_W))}{\ln(M_W / M_R)} = 1.7$.

Салпитер: $N = 1.35$.



XI.9

КАРЛИКИ В СКОПЛЕНИИ

Система оценивания:

Светимость белого карлика	2
Соотношение количества звезд	2
Минимальная масса видимой звезды (Незначительная ошибка в соотношении L-M)	8 (6)
Минимальная начальная масса БК	8
Показатель N	4

ИТОГО 24