

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

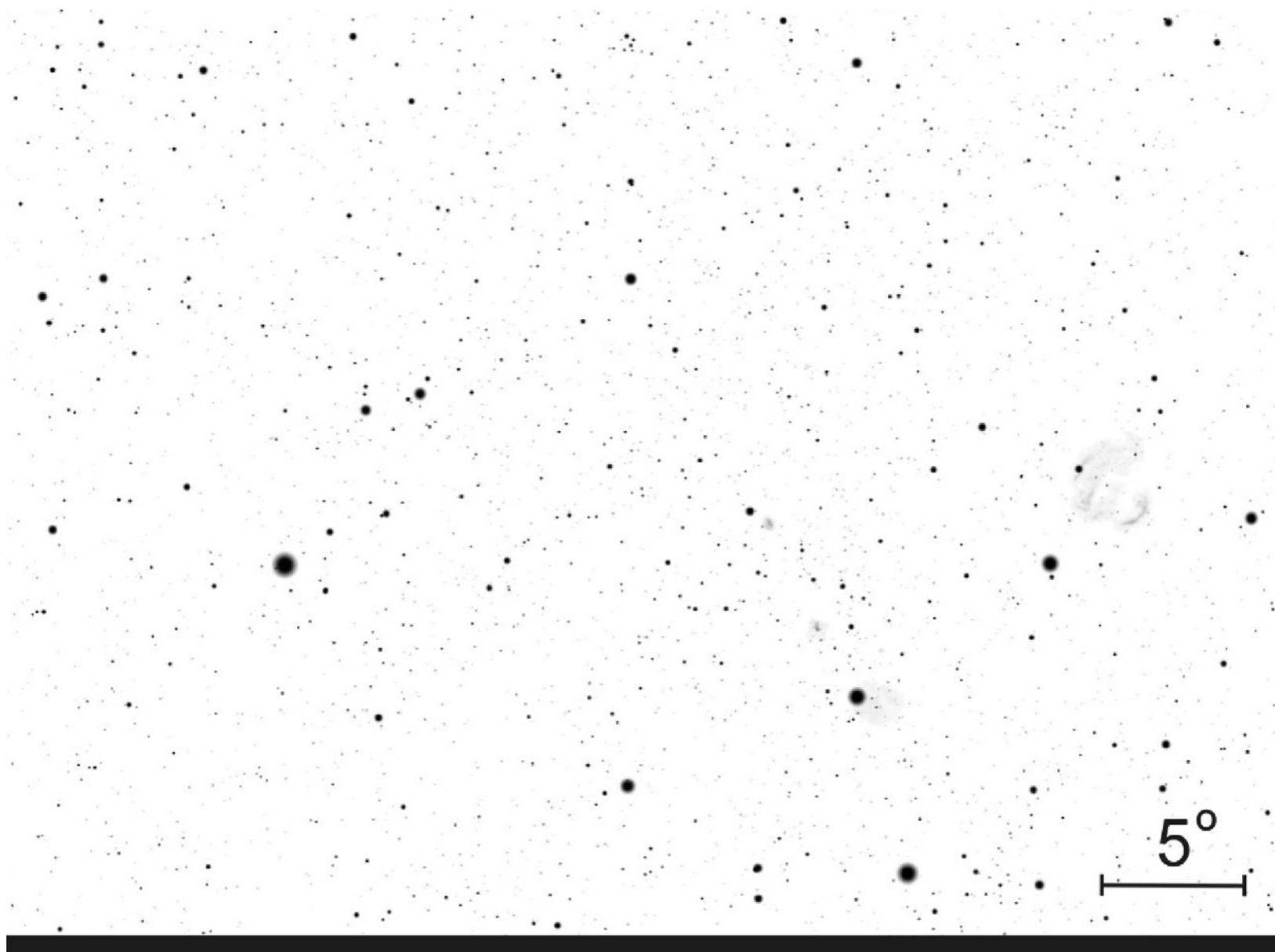
---

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

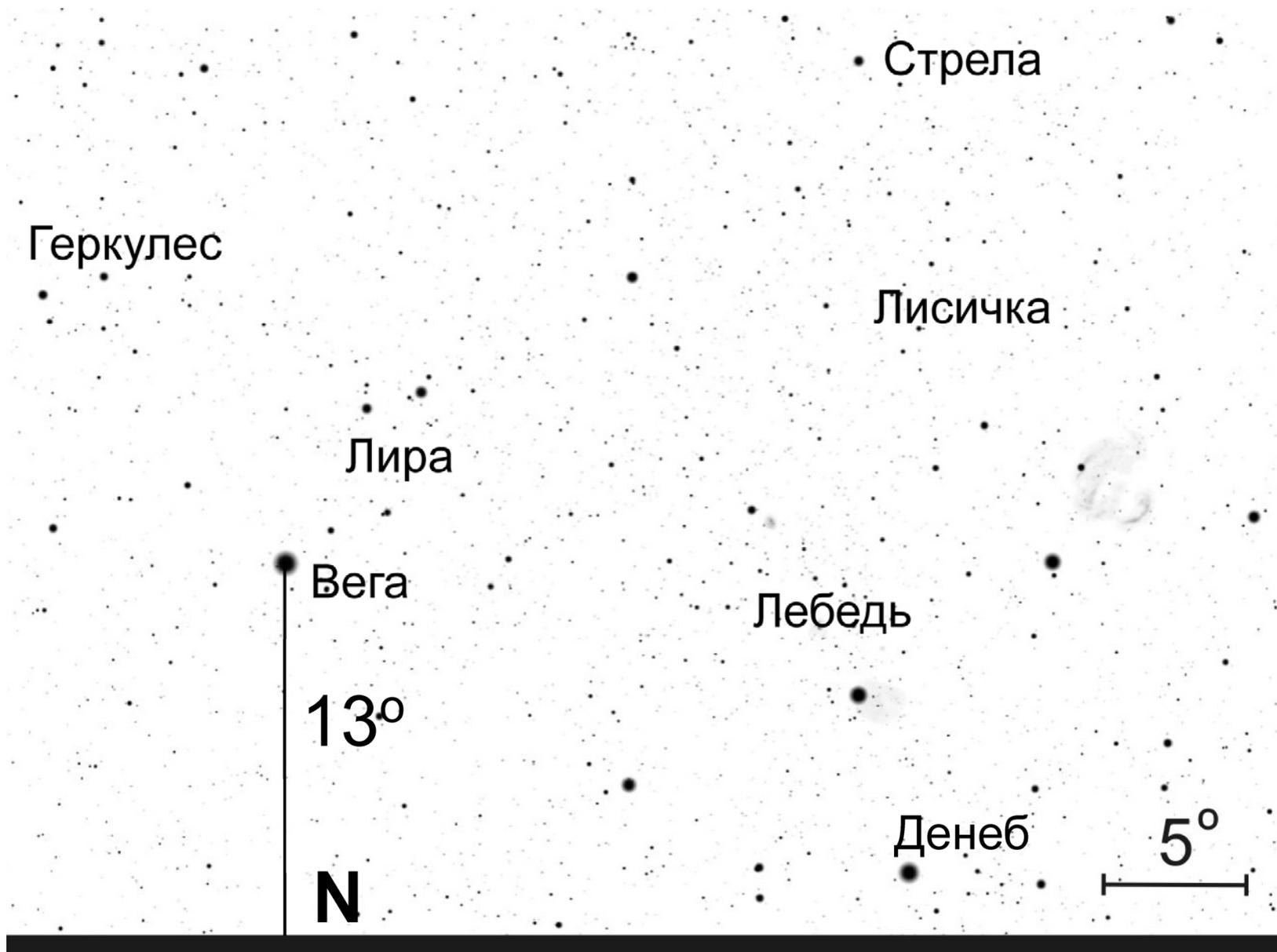
## ОКОЛО ВЕГИ

ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР



# IX.7

## ОКОЛО ВЕГИ



Геркулес

Стрела

Лисичка

Ли́ра

Вега

Лебе́дь

Денеб

13°

5°

N

# 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, '
<del>Млечный путь</del>	<del>---</del>	<del>---</del>	<del>---</del>
<del>Gal1</del>	20	15	7
Gal2	3290	1	0.4
<del>Gal3</del>	300	10	2
Gal4	1000	10	9
<del>Gal5</del>	50	22	15
Gal6	3200	4	4
Gal7	1620	7	6.5
Gal8	12300	0.4	0.2
Gal9	23400	0.3	0.3
<del>Gal10</del>	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

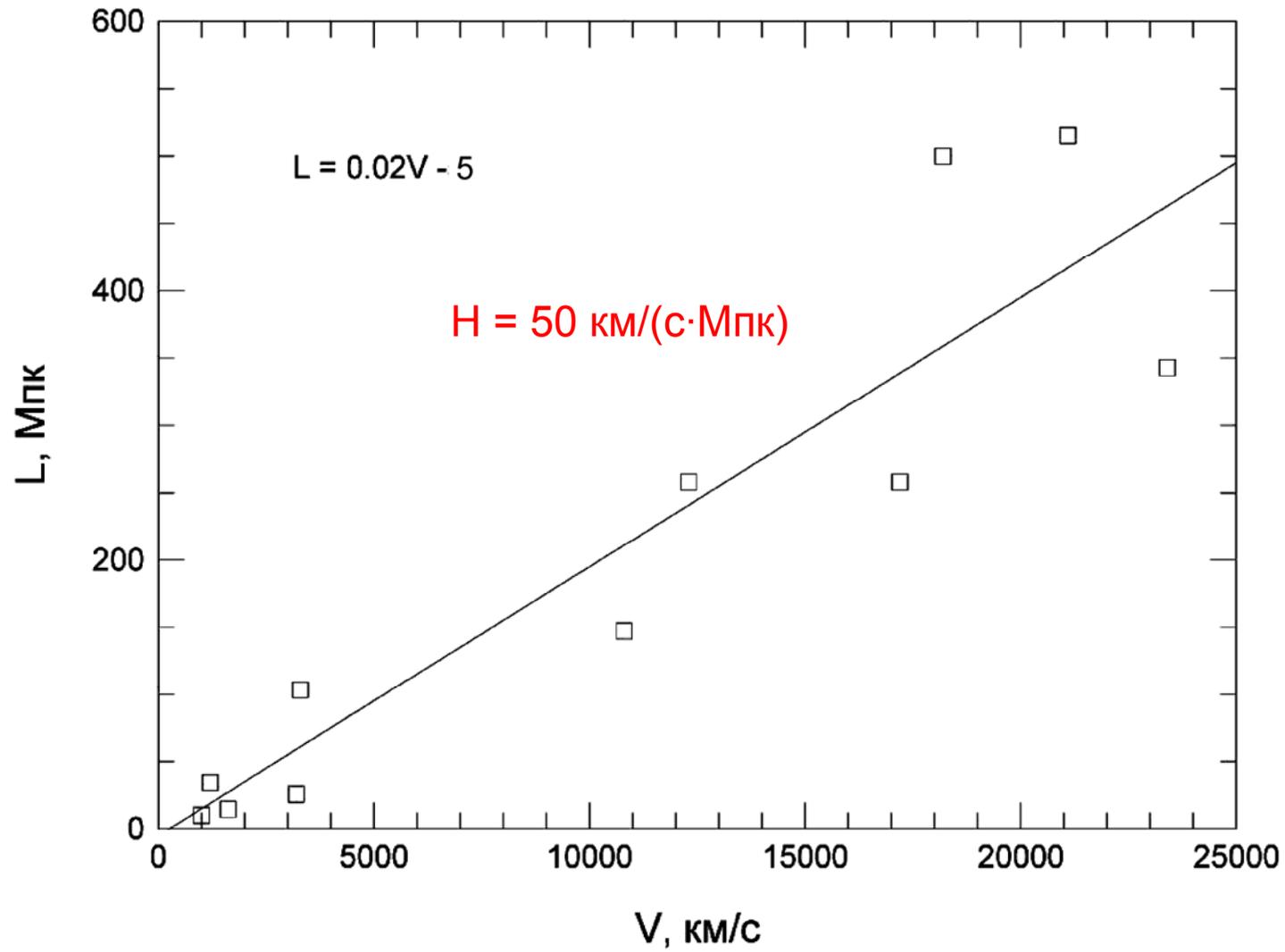


Радиус галактик  $R = 15$  кпк:

Название	$V$ , км/сек	Диаметр большой оси, '	Расстояние, Мпк
<del>Млечный путь</del>	<del>---</del>	<del>---</del>	<del>---</del>
<del>Gal1</del>	<del>20</del>	<del>15</del>	<del>7</del>
Gal2	3290	1	103
<del>Gal3</del>	<del>300</del>	<del>10</del>	<del>10.3</del>
Gal4	1000	10	10.3
<del>Gal5</del>	<del>50</del>	<del>22</del>	<del>4.7</del>
Gal6	3200	4	25.8
Gal7	1620	7	14.7
Gal8	12300	0.4	258
Gal9	23400	0.3	343
<del>Gal10</del>	<del>120</del>	<del>17</del>	<del>6</del>
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



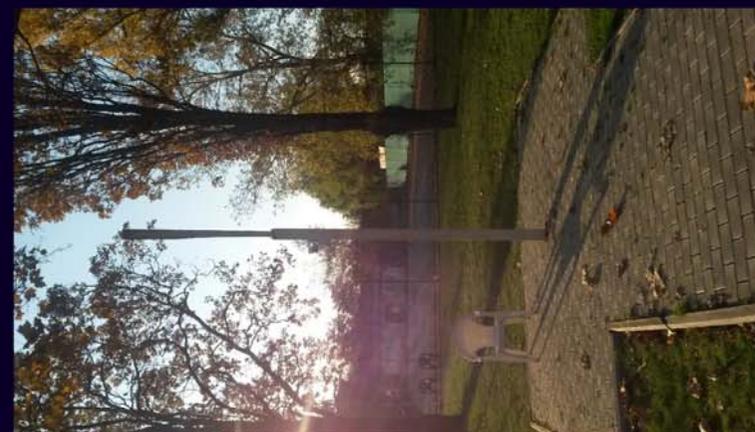
1



2



3

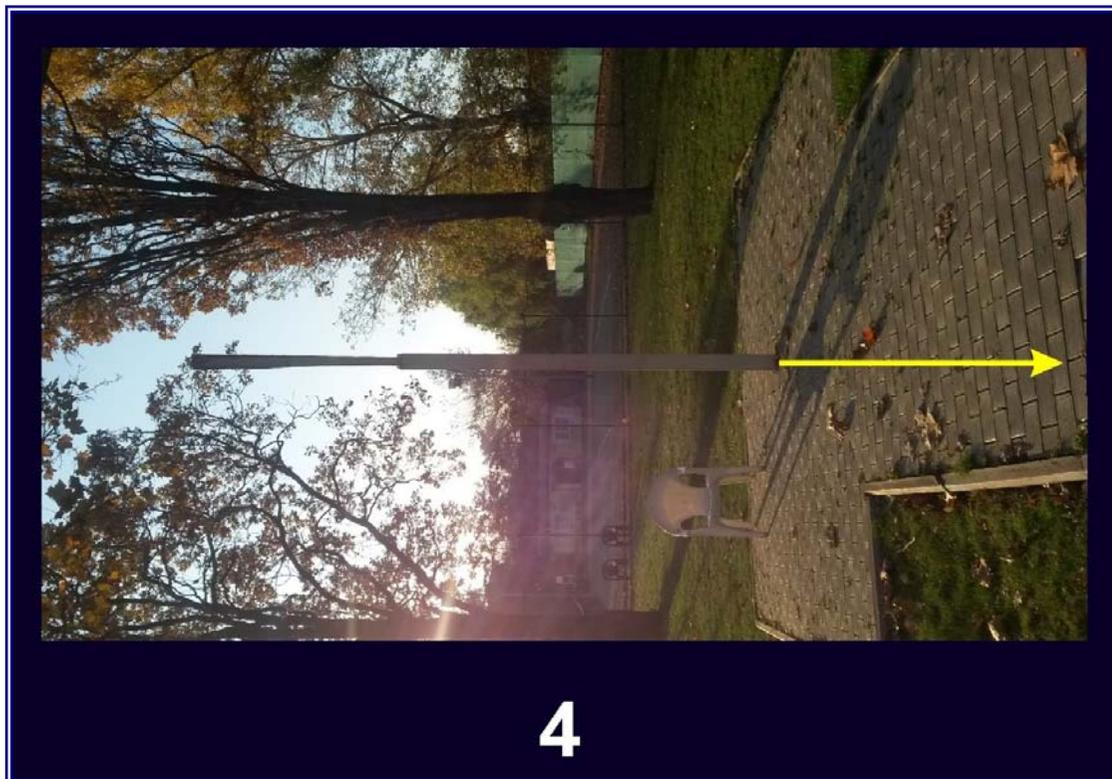


4

# IX/X.9

## МЕЖДУ ЭКВАТОРОМ И ПОЛЮСОМ

ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР

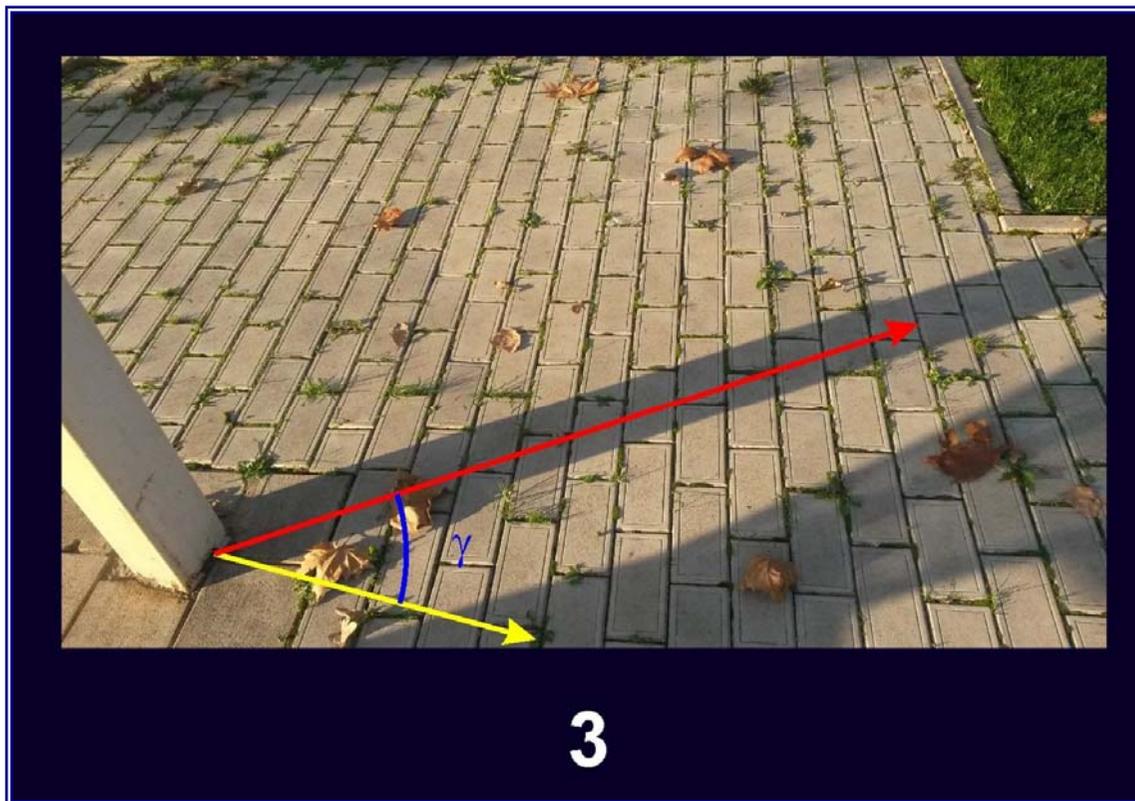


Линия «запад-восток»

# IX/X.9

## МЕЖДУ ЭКВАТОРОМ И ПОЛЮСОМ

ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР



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

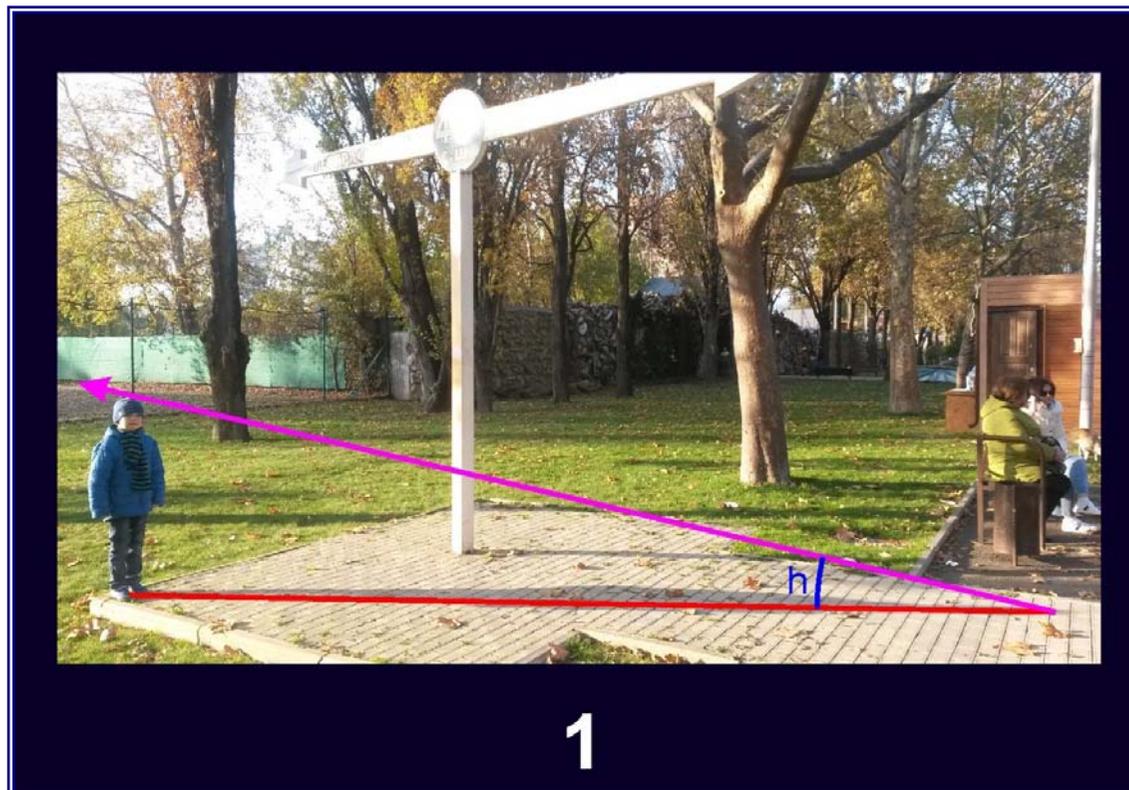
$\gamma = 90^\circ - A$  (случай 1)  
(желтая стрелка на восток)

$\gamma = -90^\circ - A$  (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



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

Случай 1 (вечер):  
Склонение Солнца:

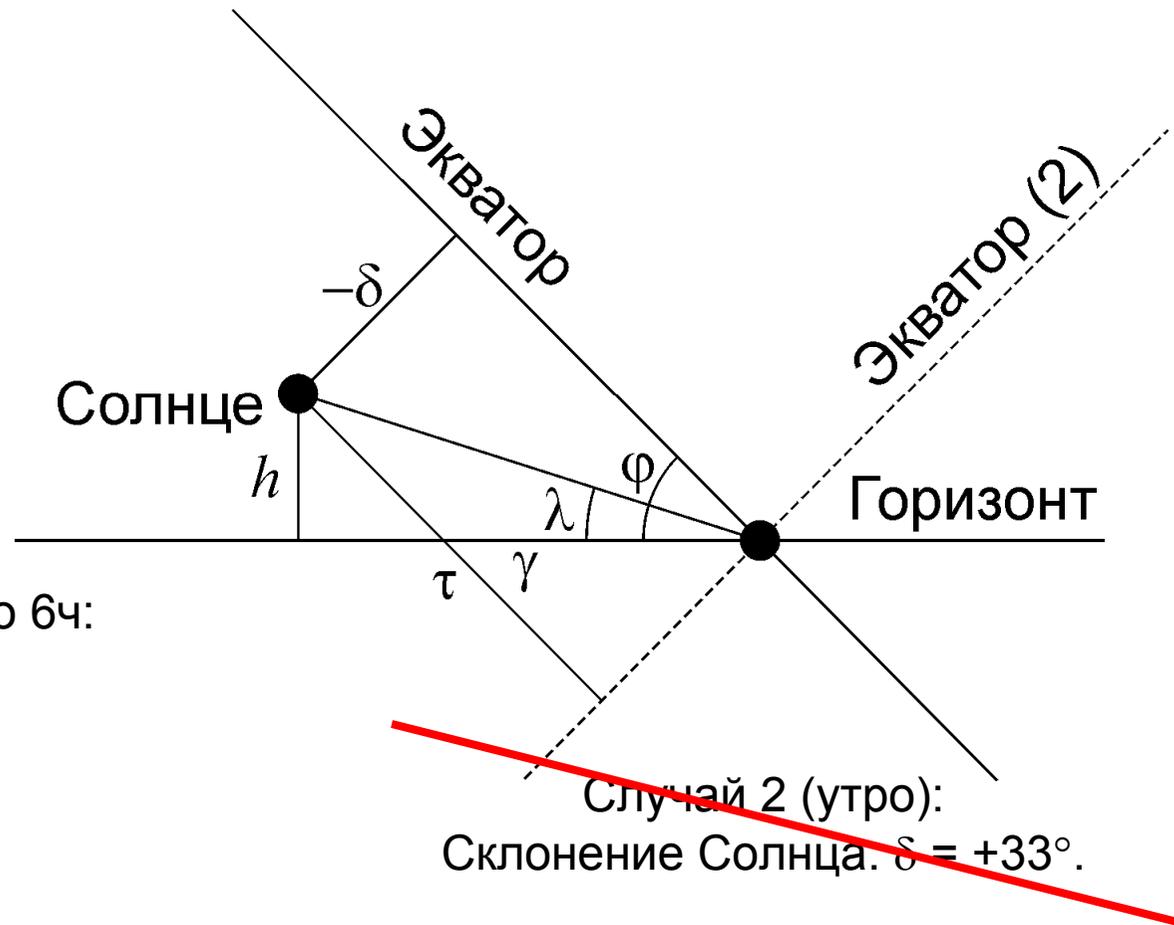
$$\delta = -\frac{h}{\sin \lambda} \sin(\varphi - \lambda) = -16^\circ.$$

Дополнение часового угла до 6ч:

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

Истинное солнечное время:  
 $T = 18\text{ч} - \tau = 15\text{ч}48\text{м}.$

Сезон: начало февраля или начало ноября.



~~Случай 2 (утро):  
Склонение Солнца.  $\delta = +33^\circ.$~~

**Реально:  
5 ноября 15.37 ИСВ**



Система оценивания:

Высота Солнца (погрешность до $1^\circ$ )	4
(Погрешность до $2^\circ$ )	(2)
Азимут (погрешность до $5^\circ$ )	6
(Погрешность до $7^\circ$ )	(4)
(Погрешность до $10^\circ$ )	(2)
(Площадка ориентирована строго с востока на запад)	(0)
(Погрешность более $15^\circ$ )	(далее – 0.5)
(Погрешность более $30^\circ$ )	(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

---

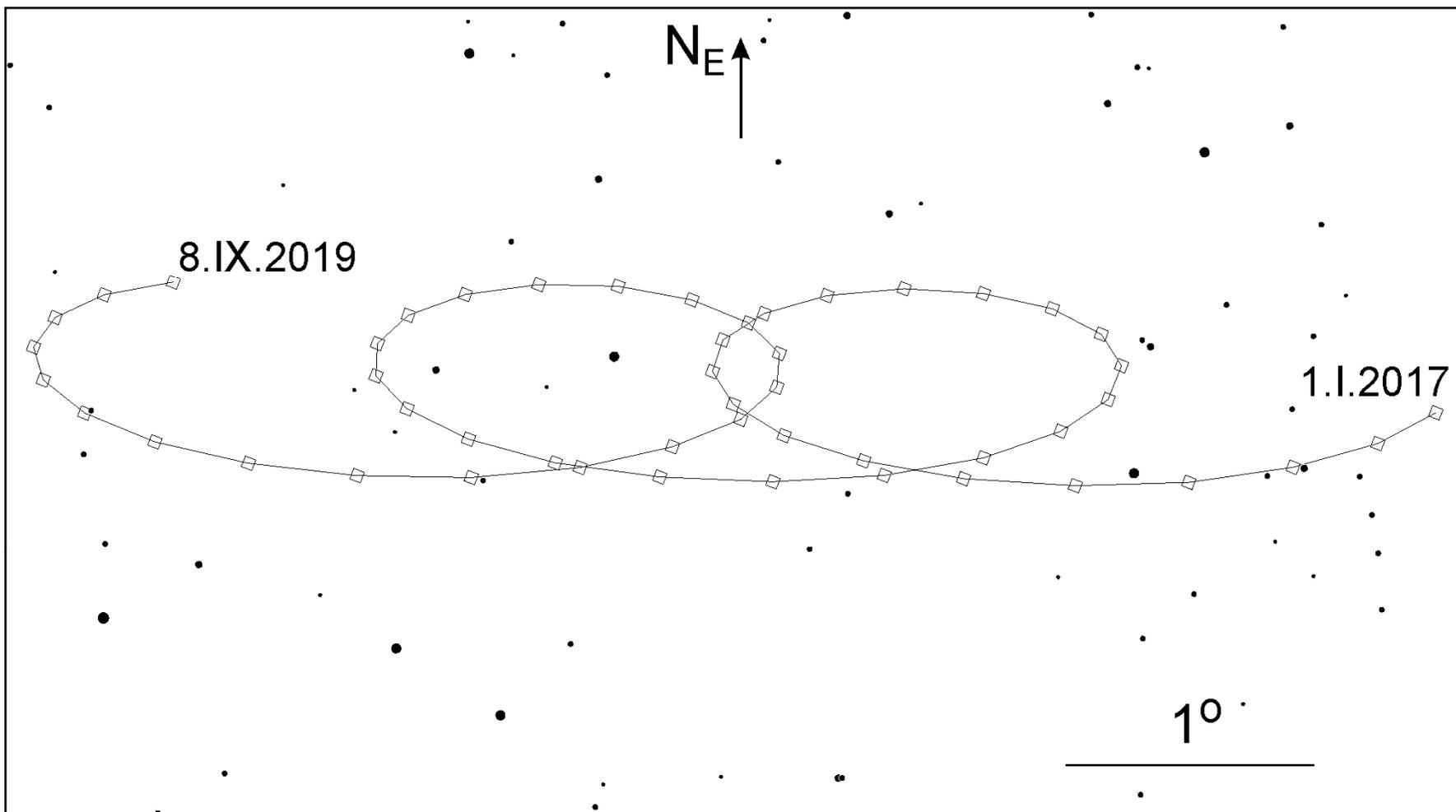
Вы видите карту видимого пути среди звезд объекта пояса Койпера вблизи его перигелия за несколько лет. Направление вверх соответствует направлению на северный полюс эклиптики, указан масштаб карты и даты начала и конца трека. Интервалы между соседними отметками на треке соответствуют 20 дням. Определите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

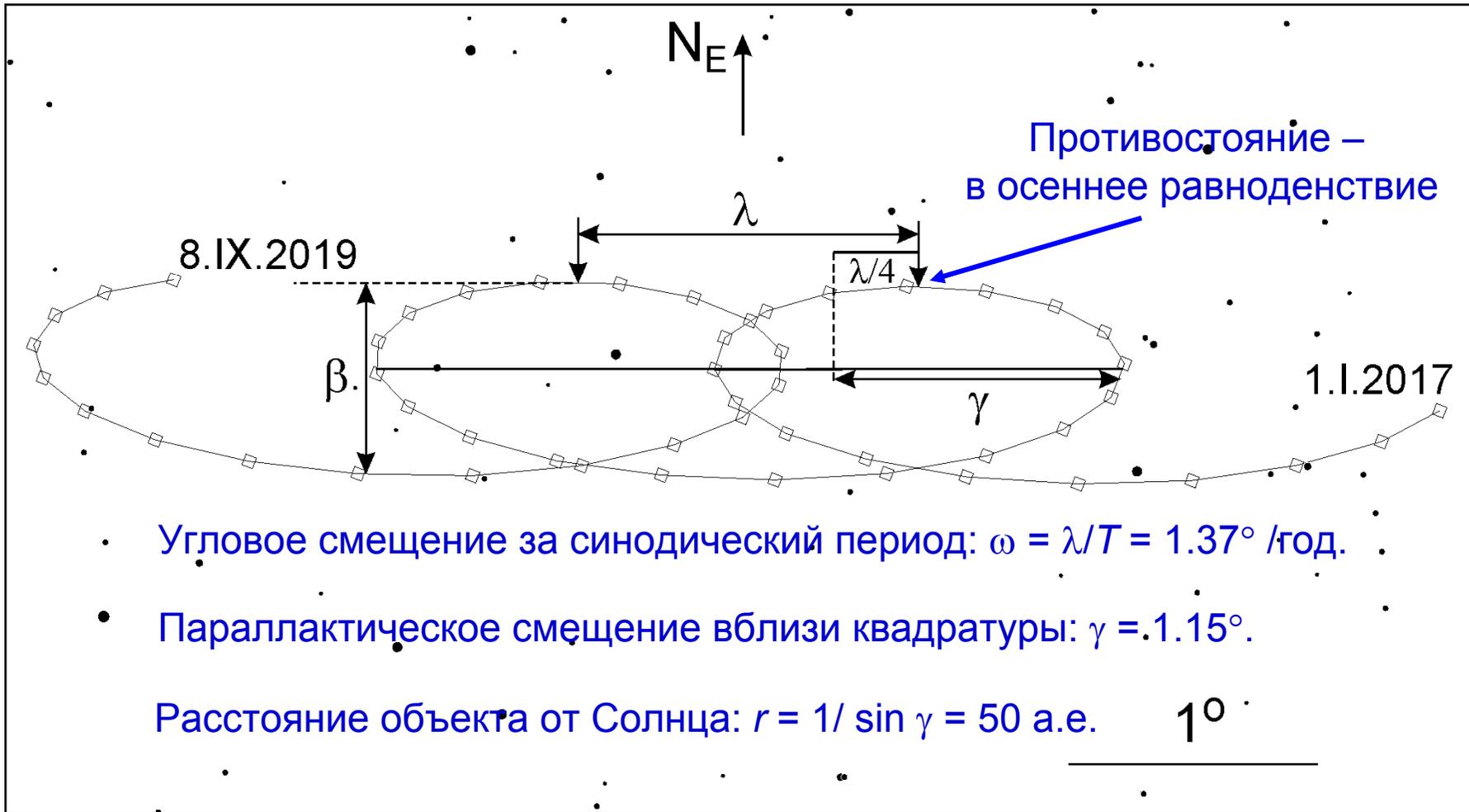
- 1) Расстояние объекта от Солнца;
- 2) Его орбитальный период;
- 3) Созвездие, в котором находится объект.

# 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.

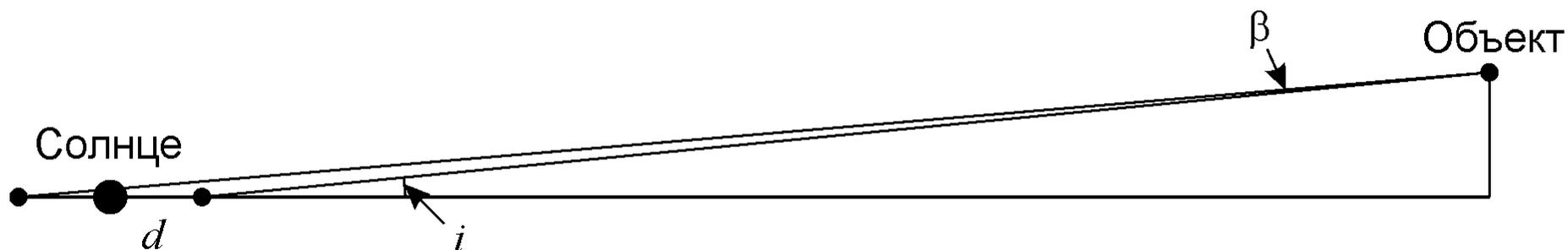
Круговая угловая скорость:  
 $\omega_0 = 1.02^\circ/\text{год}$

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

# X/XI.7

## ДАЛЕКИЙ ОБЪЕКТ

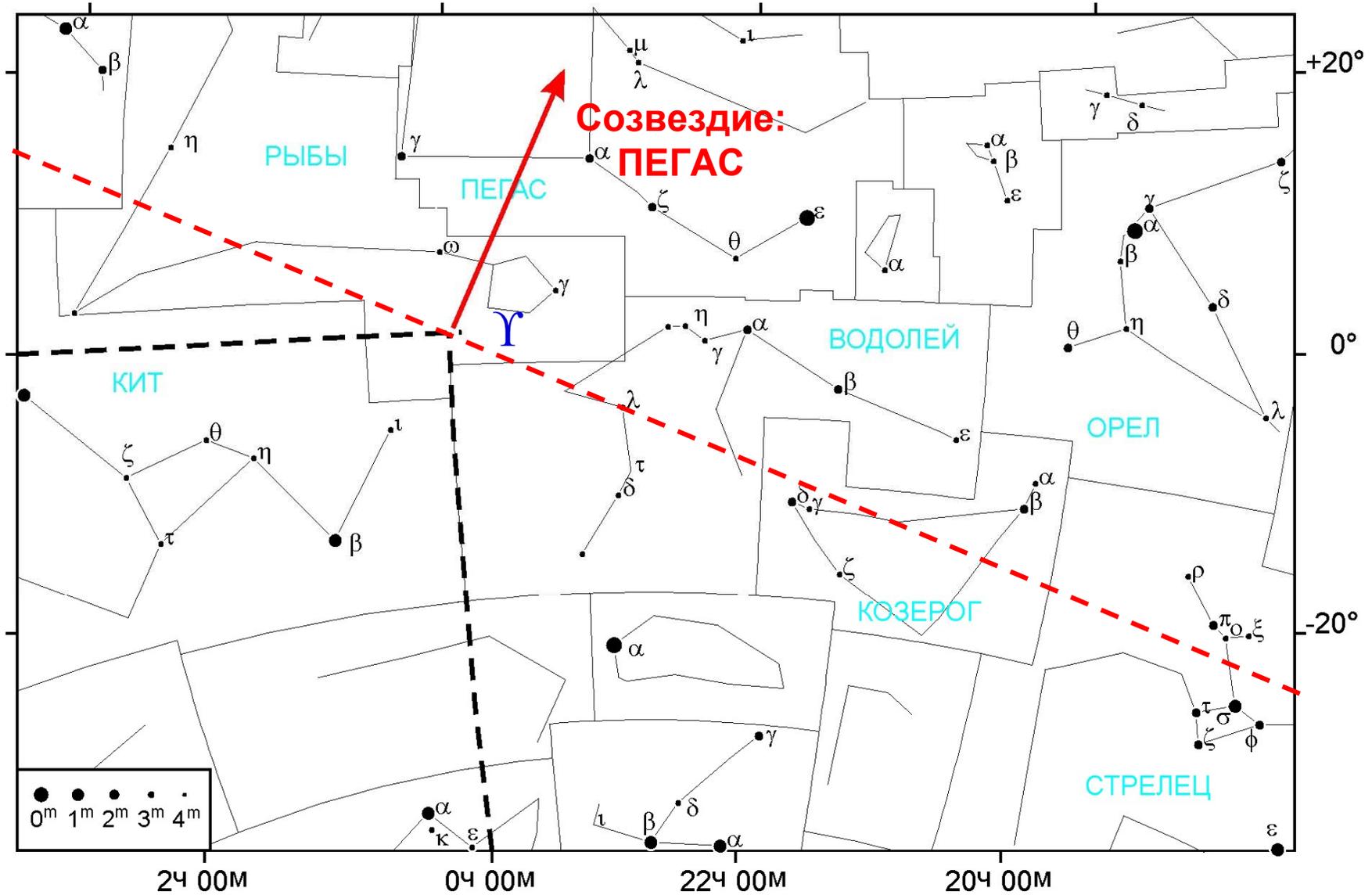
ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР



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

# X/XI.7

## ДАЛЕКИЙ ОБЪЕКТ





# X/XI.7 ДАЛЕКИЙ ОБЪЕКТ

---

Система оценивания:

<b>Расстояние объекта от Солнца</b>	<b>8</b>
(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)
<b>Орбитальный период</b>	<b>8</b>
(Круговая орбита)	(2)
(Измерительная ошибка $e$ больше 0.1, $T < 2200$ или $T > 11000$ лет)	(4)
(Физические ошибки)	( $\leq 2$ )
<b>Созвездие</b>	<b>8</b>
(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

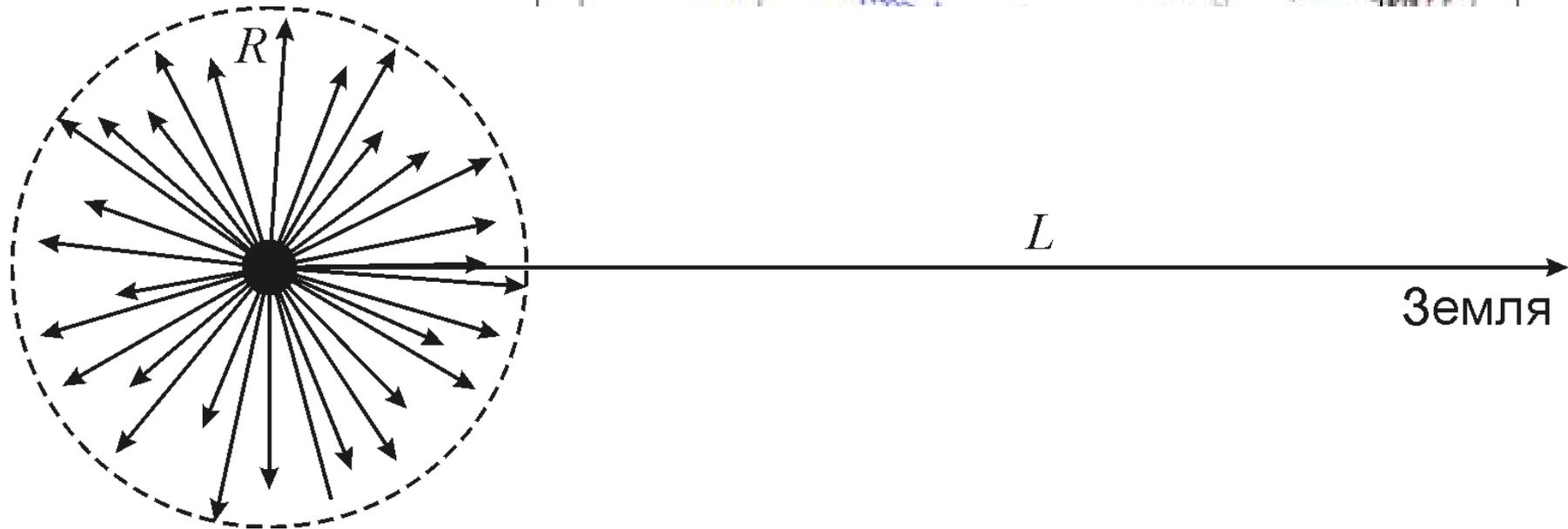
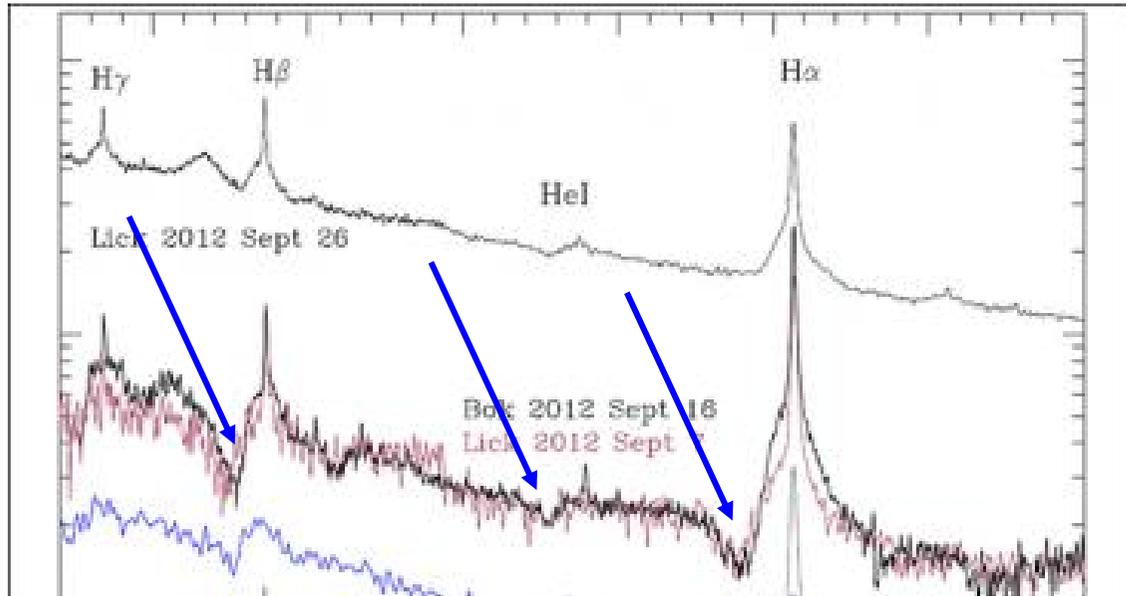
## НЕОБЫЧНАЯ СВЕРХНОВАЯ



11 класс:

Расстояние до галактики:

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



# X/XI.8

## НЕОБЫЧНАЯ СВЕРХНОВАЯ

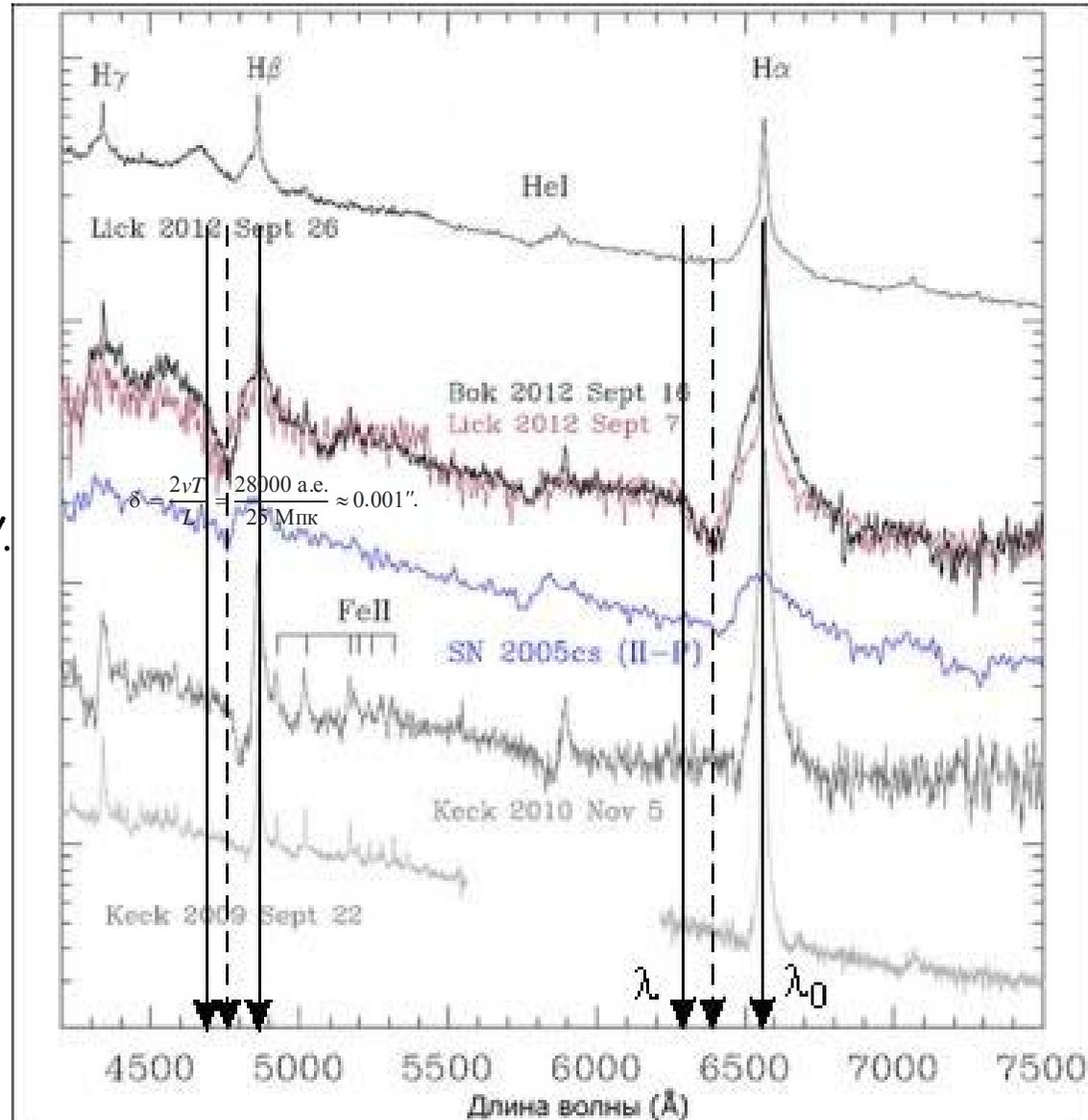


Максимальная скорость:

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

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 $\lambda_0$ )	(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

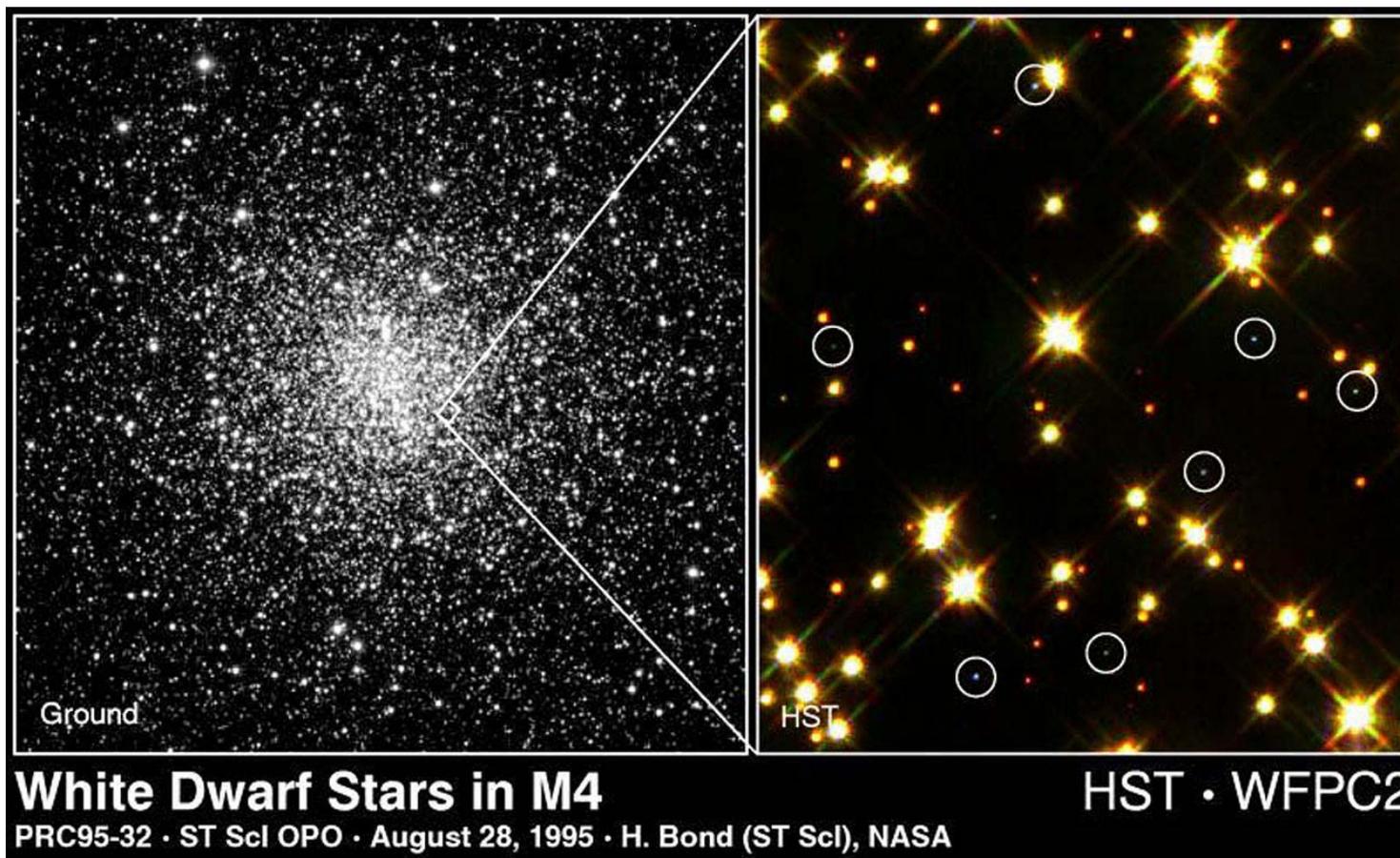


Фото 2: 7 белых карликов и ~100 других (более ярких) звезд.



# 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
<hr/>	
ИТОГО	24