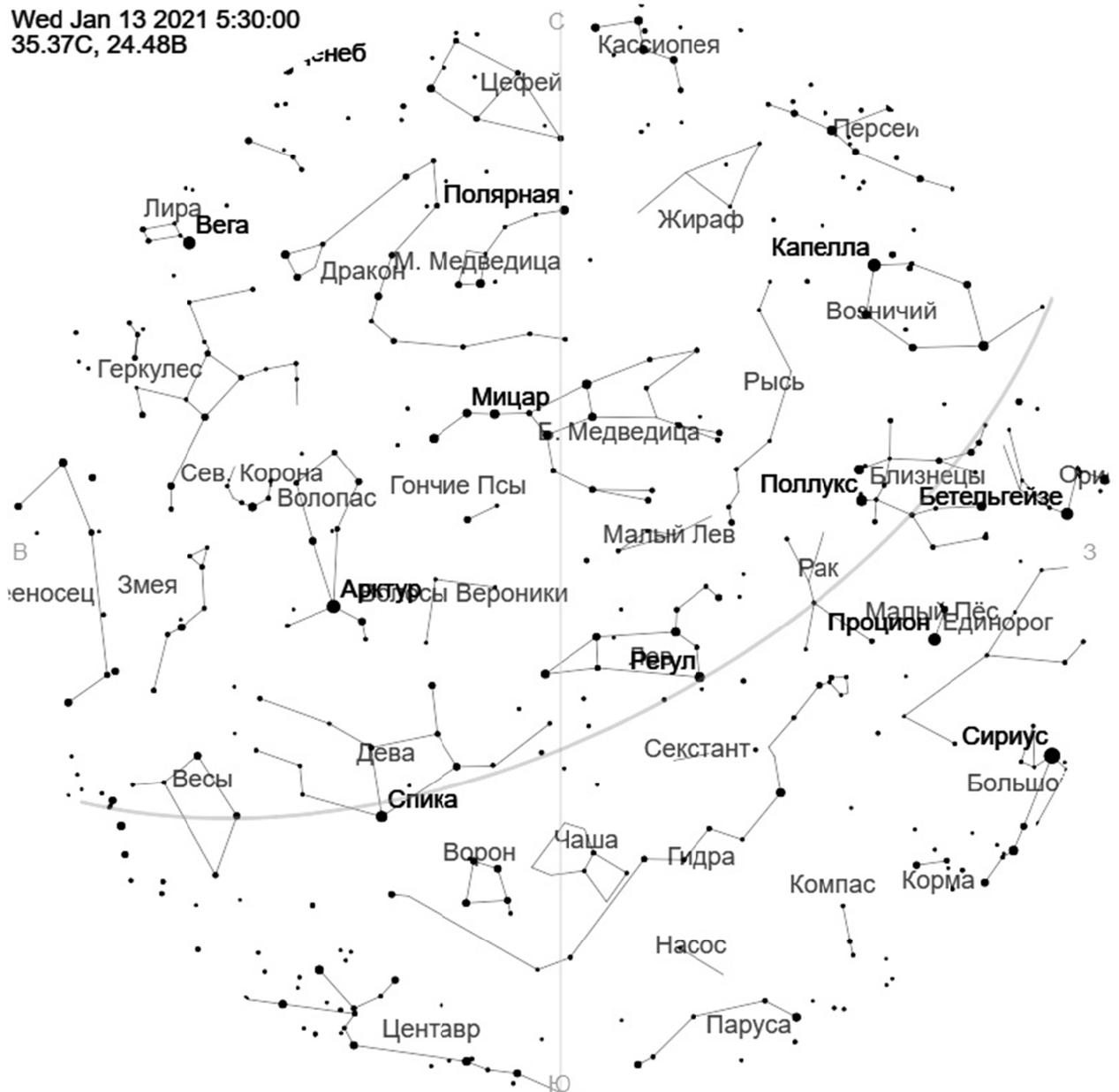


Вариант 1

Решения заданий практического тура

**Задание 1. Звёздное небо (25 баллов)**

Возможные варианты ответов показаны на рисунке



- 1) Правильно указано положение одной стороны света – 1 балл (всего 4 балла).
- 2) Правильно проведена линия небесного экватора – 1 балл.
- 3) Каждое правильно подписанное созвездие – 1 балл (всего 10 баллов).
- 4) Каждая правильно подписанная звезда – 1 балл (всего 10 баллов).

## Задание 2. Созвездия (25 баллов)

### Ответы:

1) Самым большим по площади является созвездие Гидра (1303 квадратных градуса), а самым маленьким – Южный Крест (68 квадратных градусов). (2 балла)

2) Равноденственный колюр – это круг склонения, проходящий через точку весеннего равноденствия. Он проходит по созвездиям: Малая Медведица, Цефей, Кассиопея, Андромеда, Пегас, Рыбы, Кит, Скульптор, Феникс, Тукан и Октант. (За каждое созвездие – 1 балл, всего 11 баллов)

3) Северный полюс эклиптики находится в созвездии Дракон, южный полюс эклиптики – в созвездии Золотая рыба. (2 балла)

4) Обозначения и названия созвездий приведены в таблице.  
(За каждое созвездие – 0,5 + 0,5 = 1 балл, всего 10 баллов)

№ п/п	Название созвездия	Обозначение	Русское название
<i>пример</i>	<i>Andromeda</i>	<i>And</i>	<i>Андромеда</i>
1	Corvus	Crv	Ворон
2	Ara	Ara	Жертвенник
3	Ophiuchus	Oph	Змееносец
4	Vulpecula	Vul	Лисичка
5	Apus	Aps	Райская Птица
6	Crater	Crt	Чаша
7	Scutum	Sct	Щит
8	Sagitta	Sge	Стрела
9	Lynx	Lyn	Рысь
10	Equuleus	Equ	Малый Конь

---

## Задание 3. Поверхности небесных тел (15 баллов)

### Ответы:

1) Марс. Гора Олимп: высота 26 км, средний диаметр кратера 85 км, глубина кратера – до 3 км. (3 балла)

2) Луна. Обратная сторона. Море Москвы: диаметр 276 км. (3 балла)

3) Меркурий. Кратер Бетховен: средний диаметр кратера около 630 км, глубина – до 2,5 км. (3 балла)

4) Земля. Гора Джомолунгма (Эверест): высота 8848 м. (3 балла)

5) Сатурн. Гексагональный шторм у северного полюса планеты: его граница на широте 78°, каждая сторона составляет 13 800 км, период вращения – в 10 часов 39 минут. (3 балла)

#### Задание 4. Поле зрения телескопа (10 баллов)

##### Решение.

1) Средние количества солнечных дней и дней с частичной облачностью для Беларуси по месяцам приведены в таблице.

Месяц	Среднее количество солнечных дней	Среднее количество дней с частичной облачностью
Январь	1	6
Февраль	1	7
Март	2	11
Апрель	5	14
Май	5	18
Июнь	4	19
Июль	7	19
Август	7	18
Сентябрь	5	14
Октябрь	5	12
Ноябрь	2	8
Декабрь	1	6

Таким образом, в сентябре количество подходящих для наблюдений ночей составляет 5–14, в октябре – 5–12, в ноябре – 2–8. (За каждый месяц – 0,5 балла, всего 1,5 балла)

2) Диаметр поля зрения телескопа  $W$  определяется следующим образом:

$$W = \frac{w}{z},$$

где  $w$  – поле зрения окуляра,  $z$  – увеличение телескопа.

Поле зрения окуляра  $w$  (в градусах дуги) обычно указано на окуляре и часто составляет  $w \approx 50^\circ$ . Увеличение телескопа определяется следующим образом:

$$z = \frac{F}{f},$$

где  $F$  – фокусное расстояние объектива,  $f$  – фокусное расстояние окуляра.

Тогда поле зрения телескопа:

$$W = \frac{wf}{F}.$$

Двухкратная линза Барлоу увеличивает фокусное расстояние телескопа в 2 раза, тем самым удваивая увеличение любого используемого с ней окуляра.

Поле зрения телескопа без линзы (нужно перевести поле зрения окуляра из градусов в минуты дуги):  $W_1 = \frac{wf_1}{F} = 20'$ ,  $W_2 = 27'$ ,  $W_3 = 59'$ .

Поле зрения телескопа с линзой:  $W_1 = 10'$ ,  $W_2 = 13'$ ,  $W_3 = 30'$ .

(За каждый правильный ответ – 0,5 балла, всего 3 балла)

3) Время прохождения светила  $t$  (в секундах) по диаметру поля зрения связано с диаметром поля зрения  $W$  (в минутах дуги) следующим образом:

$$W = \frac{t}{4} \cos \delta,$$

где  $\delta$  – склонение светила.

Тогда время прохождения:

$$t = \frac{4wf}{F \cos \delta}.$$

Время прохождения Марса без линзы:  $t_1 = 77$  сек,  $t_2 = 107$  сек,  $t_3 = 237$  сек;  
с линзой:  $t_1 = 39$  сек,  $t_2 = 53$  сек,  $t_3 = 119$  сек.

Время прохождения Юпитера без линзы:  $t_1 = 83$  сек,  $t_2 = 115$  сек,  $t_3 = 256$  сек;  
с линзой:  $t_1 = 42$  сек,  $t_2 = 58$  сек,  $t_3 = 128$  сек.

Время прохождения Сатурна без линзы:  $t_1 = 82$  сек,  $t_2 = 114$  сек,  $t_3 = 254$  сек;  
с линзой:  $t_1 = 41$  сек,  $t_2 = 57$  сек,  $t_3 = 127$  сек.

(За каждый правильный ответ – 0,25 балла, всего 4,5 балла)

4) Поскольку средний угловой диаметр Луны около  $31'$ , для того, чтобы Луна целиком помещалась в поле зрения, имея при этом максимальные угловые размеры, необходимо использовать третий окуляр в сочетании с линзой Барлоу. (1 балл)

**Ответы:**

1) в сентябре – 5–14, в октябре – 5–12, в ноябре – 2–8 ночей (1,5 балла);

2) без линзы  $W_1 = \frac{wf_1}{F} = 20'$ ,  $W_2 = 27'$ ,  $W_3 = 59'$ ; с линзой  $W_1 = 10'$ ,  $W_2 = 13'$ ,  
 $W_3 = 30'$  (3 балла);

3) время прохождения Марса без линзы:  $t_1 = 77$  сек,  $t_2 = 107$  сек,  $t_3 = 237$  сек;  
с линзой:  $t_1 = 39$  сек,  $t_2 = 53$  сек,  $t_3 = 119$  сек; время прохождения Юпитера без линзы:  
 $t_1 = 83$  сек,  $t_2 = 115$  сек,  $t_3 = 256$  сек; с линзой:  $t_1 = 42$  сек,  $t_2 = 58$  сек,  $t_3 = 128$  сек;  
время прохождения Сатурна без линзы:  $t_1 = 82$  сек,  $t_2 = 114$  сек,  $t_3 = 254$  сек; с линзой:  
 $t_1 = 41$  сек,  $t_2 = 57$  сек,  $t_3 = 127$  сек (4,5 балла);

4) третий окуляр в сочетании с линзой Барлоу (1 балл).

### Задание 5. Характеристики звёзд (25 баллов)

1), 2) и 3) Цвет, класс светимости и температура определяются по спектральному классу.

4) Расстояние в парсеках  $r = \frac{1}{\pi}$ ; для вычисления расстояния в световых годах необходимо умножить расстояние в парсеках на 3,26.

5) Абсолютная звёздная величина  $M$  вычисляется следующим образом:

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

где  $m$  – видимая звёздная величина,  $r$  – расстояние в парсеках.

6) Связь между радиусом звезды  $R$ , её эффективной температурой  $T$  и светимостью  $L$  (или абсолютной звёздной величиной  $M$ ) может быть получена на основе модели абсолютно чёрного тела. Из закона Стефана – Больцмана следует, что

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

где  $R_{\odot}$ ,  $T_{\odot}$  и  $L_{\odot}$  – радиус, температура и светимость Солнца, соответственно.

Отношение светимостей вычисляется на основе формулы Погсона для светимостей:

$$\lg \frac{L}{L_{\odot}} = -0,4(M - M_{\odot}),$$

где  $M_{\odot} = +4,8^m$ .

В этом случае  $\frac{R}{R_{\odot}} = \left(\frac{T_{\odot}}{T}\right)^2 \sqrt{10^{-0,4(M - M_{\odot})}}$ ,  $T_{\odot} = 5800$  К.

7) Массы звёзд главной последовательности связаны с их светимостями следующим образом

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{M}{M_{\odot}}\right)^{3,9}.$$

Тогда

$$\frac{M}{M_{\odot}} = (10^{-0,4(M - M_{\odot})})^{1/3,9} = 10^{-0,1026(M - M_{\odot})}.$$

Для звёзд, не находящихся на главной последовательности, такое выражение может служить для оценки массы.

8) Принадлежность звезды к определённом поколению (или звёздному населению) находится на основе значения металличности:

$$[\text{Fe}/\text{H}] = \lg \left(\frac{N_{\text{Fe}}}{N_{\text{H}}}\right)_{\text{star}} - \lg \left(\frac{N_{\text{Fe}}}{N_{\text{H}}}\right)_{\odot}, \quad (1)$$

где  $N_{\text{Fe}}$  и  $N_{\text{H}}$  – концентрации атомов железа и водорода, соответственно.

Таким образом, звёзды с более высоким значением металличности, чем у Солнца, имеют положительное значение  $[\text{Fe}/\text{H}]$ , а с меньшим – отрицательное, поскольку для Солнца выражение (1) даёт 0. Молодые звёзды третьего поколения (или населения I), к которому относится и Солнце, имеют существенно более высокое значение  $[\text{Fe}/\text{H}]$ , чем звёзды второго поколения (населения II). Предполагаемые звёзды первого поколения (населения III) должны иметь значение металличности  $[\text{Fe}/\text{H}]$  ещё меньше, около  $-6,0$ , что примерно соответствует миллионной доли содержания железа на Солнце. Таким образом, звёзды со значением  $[\text{Fe}/\text{H}]$ , примерно равным солнечному (т.е. около нуля), принадлежат к тому же поколению, что и Солнце, т.е. к третьему (населению I). Звёзды со значениями металличности  $[\text{Fe}/\text{H}]$  около  $-2,0$  относятся ко второму поколению (населению II).

9) Примерный возраст звезды оценивается исходя из её принадлежности к определённому поколению и спектральному классу.

10) Расстояние  $d$  (в астрономических единицах) от звезды до середины её обитаемой зоны оценивается исходя из условия

$$d = \sqrt{\frac{L}{L_{\odot}}}.$$

**Ответы сведены в таблицу**

(за каждый правильный ответ для каждой звезды – 0,5 балла)

№	Цвет	Класс светимости	$T$ , К	$r$ , пк	$r$ , св. годы	$M$	$R/R_{\odot}$	$m/m_{\odot}$	Поколение (население)	Возраст, млн. лет	$d$ , а.е.
1	Жёлтый	Карлик главной последовательности	5 800	15,5	50,5	+4,17	1,46	1,16	Поколение 3 (население I)	6 300	1,34
2	Белоголубой	Субгигант	13 800	29,8	97	-0,15	2,74	3,6	Поколение 3 (население I)	60	9,76
3	Оранжевый	Гигант	4 500	39,8	129,9	-0,63	26,1	1,23	Поколение 3 (население I)	>1 000	12,2
4	Оранжевый	Яркий гигант	5 200	300	1000	+2,01	5,1	0,7	Поколение 2 (население II)	13 000	3,62
5	Белоголубой	Карлик главной последовательности	12 400	55,7	182	+0,24	2,55	2,94	Поколение 3 (население I)	33	8,17