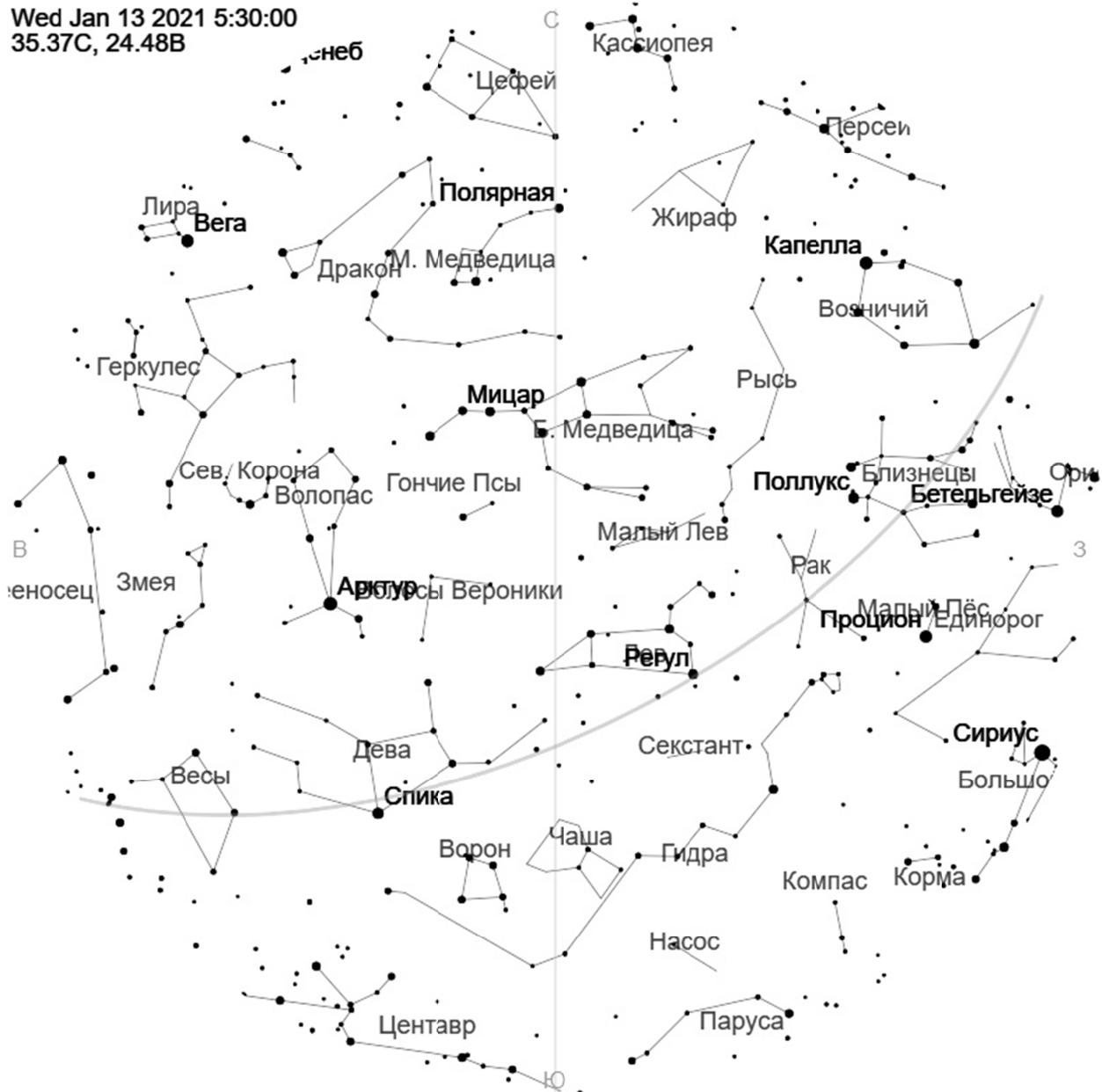


Вариант 1

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, Андromеда, 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
пример	<i>Andromeda</i>	<i>And</i>	<i>Андromеда</i>
1	<i>Corvus</i>	<i>Cr</i> v	Ворон
2	<i>Ara</i>	<i>Ara</i>	Жертвенник
3	<i>Ophiuchus</i>	<i>Oph</i>	Змееносец
4	<i>Vulpecula</i>	<i>Vul</i>	Лисичка
5	<i>Apus</i>	<i>Aps</i>	Райская Птица
6	<i>Crater</i>	<i>Crt</i>	Чаша
7	<i>Scutum</i>	<i>Sct</i>	Щит
8	<i>Sagitta</i>	<i>Sge</i>	Стрела
9	<i>Lynx</i>	<i>Lyn</i>	Рысь
10	<i>Equuleus</i>	<i>Equ</i>	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 δ – 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 $W_1 = \frac{w f_1}{F} = 20'$, $W_2 = 27'$, $W_3 = 59'$; 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 $M_\odot = +4,8^m$.

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

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 определённому 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_{Fe} и N_{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, K	$r, \text{пк}$	$r, \text{св. годы}$	M	R/R_\odot	m/m_\odot	Поколение (население)	Возраст, млн. лет	$d, \text{а.е.}$
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	Бело-голубой	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	Бело-голубой	Карлик главной последовательности	12 400	55,7	182	+0,24	2,55	2,94	Поколение 3 (население I)	33	8,17