

Вариант 1

Задания практического тура

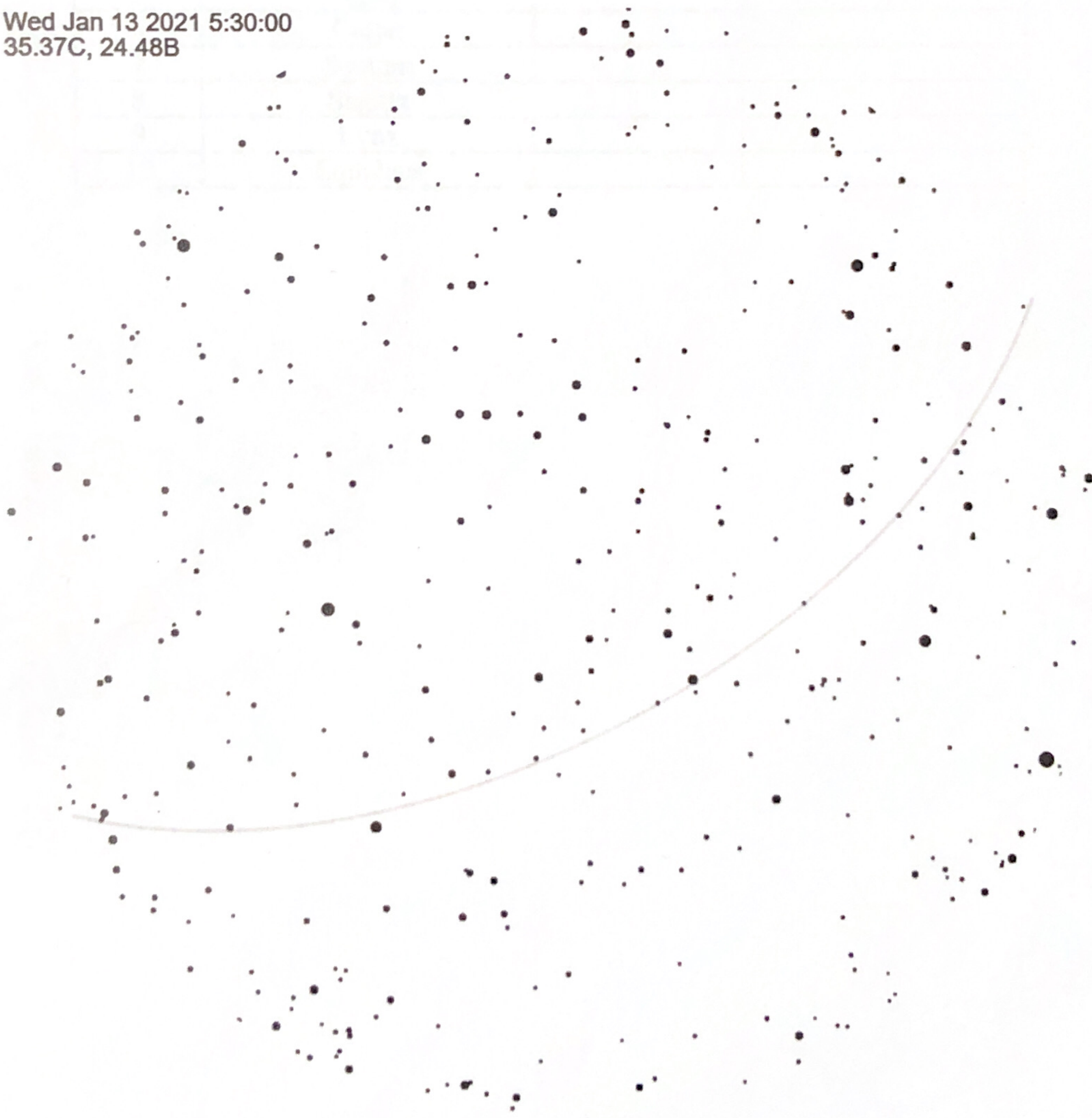
Задание 1. Звёздное небо

В дни проведения III этапа олимпиады по астрономии в Беларуси, вероятнее всего, будет пасмурная погода, неподходящая для наблюдений. Представьте, что ранним утром в день практического тура олимпиады вы находитесь в г. Ретимно (о. Крит, Греция), где более 300 ясных дней в году. На рисунке изображён вид звёздного неба на $5^{\text{h}}30^{\text{m}}$ 13 января 2021 года в Ретимно (также проведена линия эклиптики).

- 1) Подпишите на карте стороны света.
- 2) Проведите линию небесного меридиана.
- 3) Подпишите названия не более десяти созвездий и очертите их контуры.
- 4) Для каждого из выбранных вами созвездий подпишите название одной из самых ярких звёзд.

Не забудьте сдать карту с выполненным заданием!

Wed Jan 13 2021 5:30:00
35.37C, 24.48B



Задание 2. Созвездия

Для удобства ориентирования на звёздном небе небесная сфера разделена на созвездия.

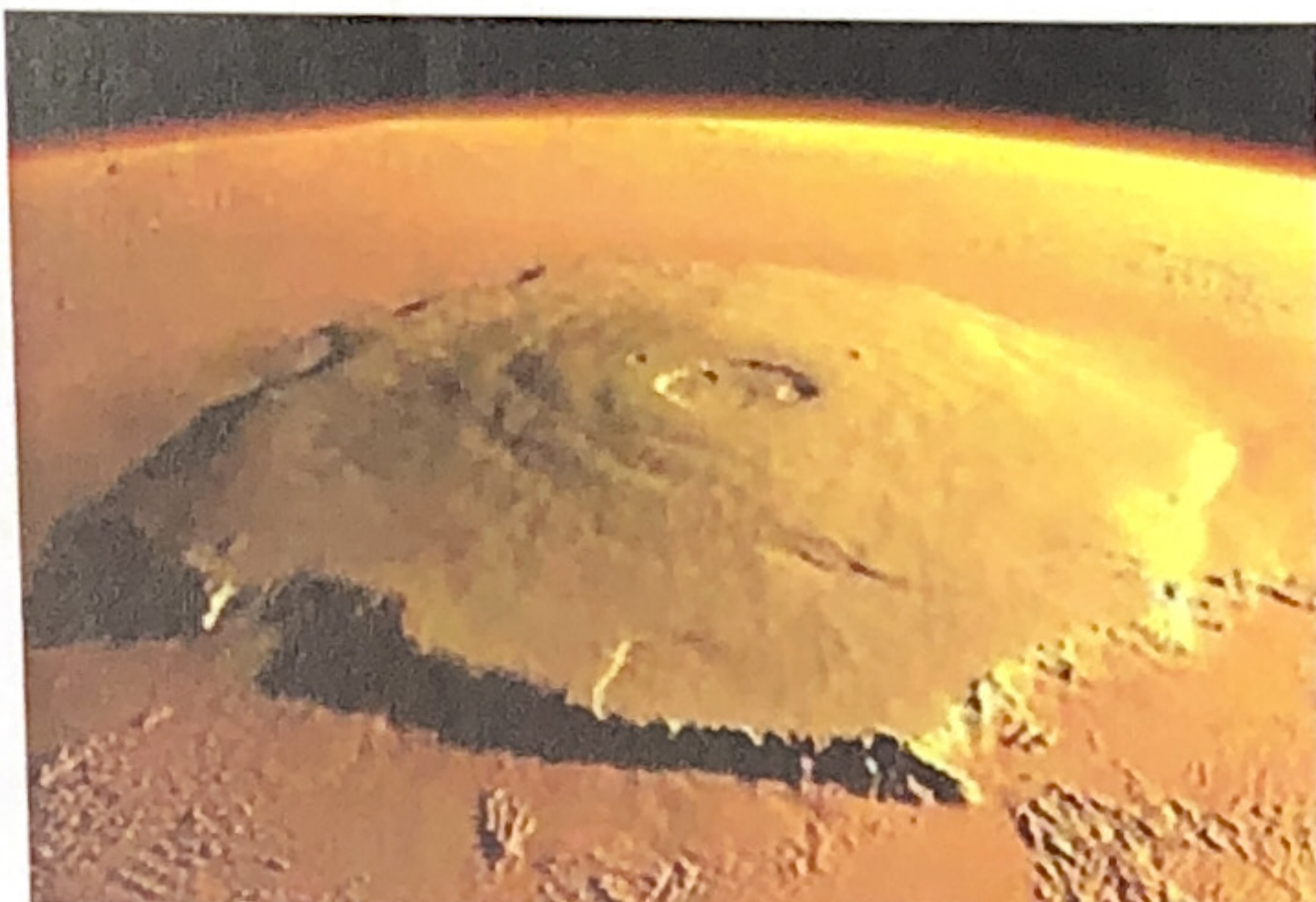
- 1) Напишите названия и угловые площади (в квадратных градусах) самого большого и самого маленького созвездий небесной сферы.
- 2) Напишите названия созвездий, через которые проходит равноденственный колюр.
- 3) Напишите названия созвездий, в которых в настоящее время находятся полюса эклиптики.
- 4) В таблице приведены десять официальных латинских названий созвездий. Запишите их обозначения и русские названия, как показано в *примере*.

№ п/п	Название созвездия	Обозначение	Русское название
<i>пример</i>	<i>Andromeda</i>	<i>And</i>	<i>Андромеда</i>
1	Corvus		
2	Ara		
3	Ophiuchus		
4	Vulpecula		
5	Apus		
6	Crater		
7	Scutum		
8	Sagitta		
9	Lynx		
10	Equuleus		

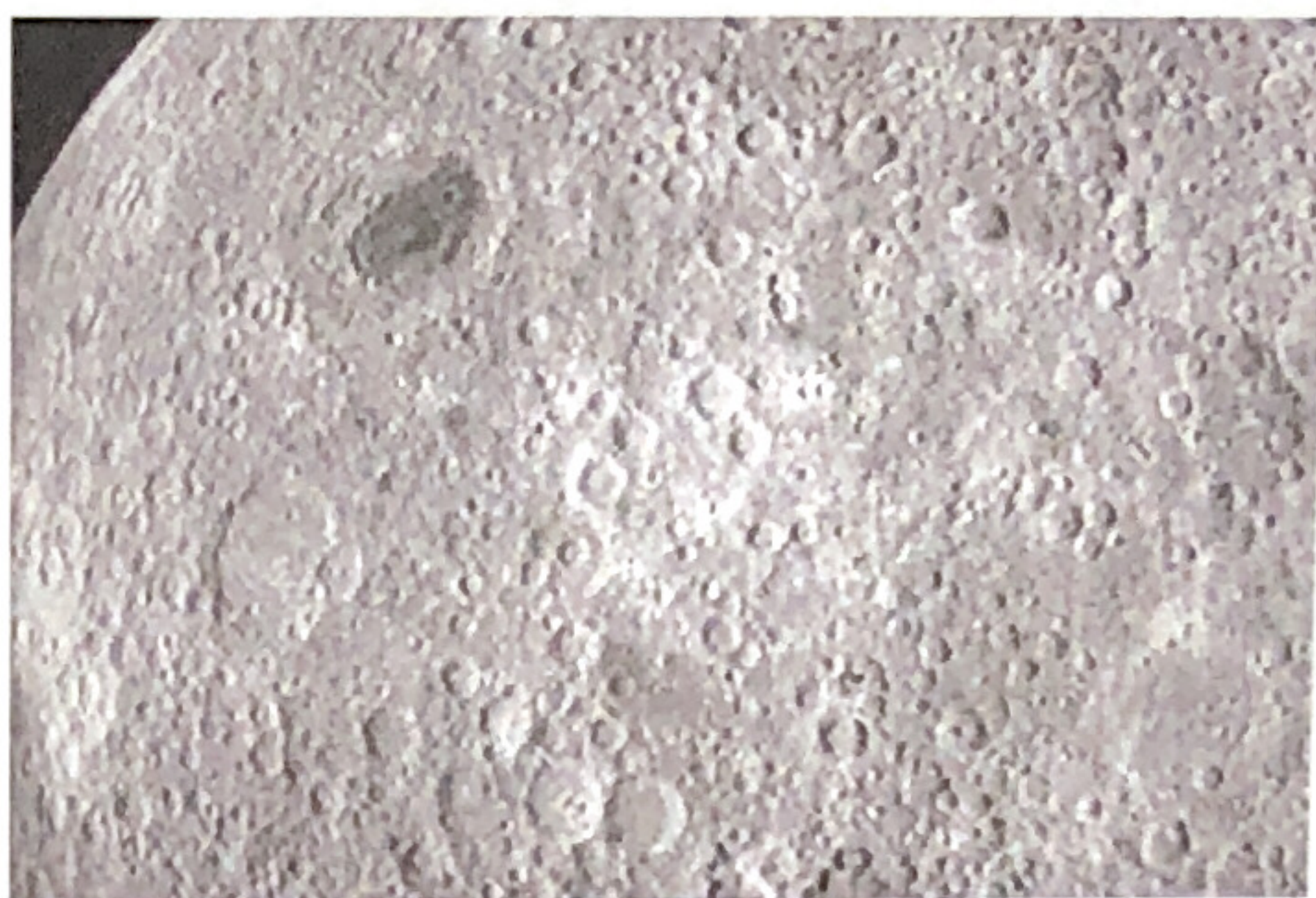
Задание 3. Поверхности небесных тел

На рисунках изображены фрагменты поверхностей небесных тел Солнечной системы.
Для каждого изображения напишите:

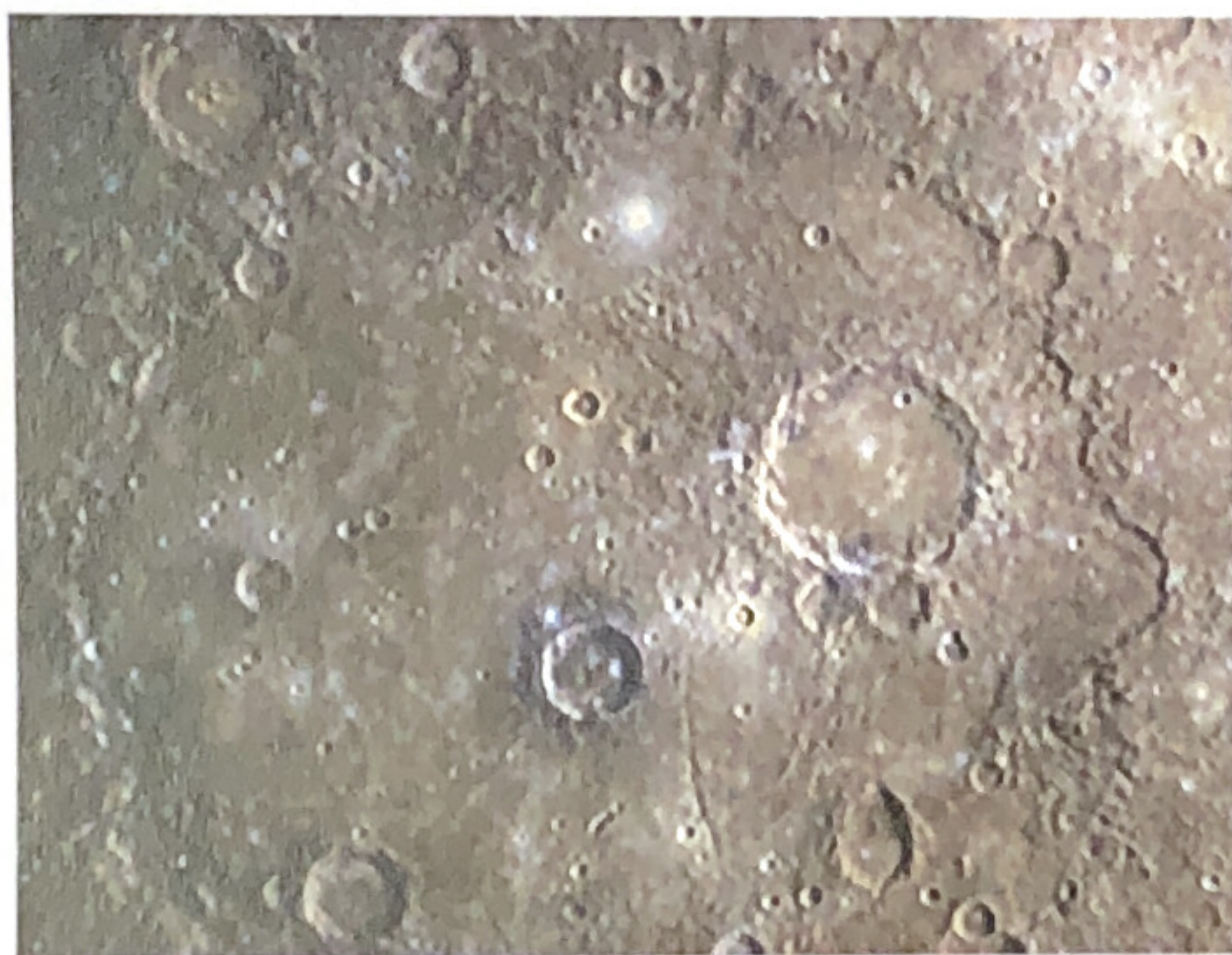
- 1) название небесного тела;
- 2) название элемента поверхности;
- 3) характерные параметры элемента поверхности.



1



2



3



4



5

Задание 4. Поле зрения телескопа

У астронома-любителя имеется телескоп с фокусным расстоянием объектива $F = 2032$ мм, набор окуляров с фокусными расстояниями $f_1 = 13$ мм, $f_2 = 18$ мм и $f_3 = 40$ мм, а также двухкратная линза Барлоу. С помощью такого комплекта оборудования астроном планирует наблюдать Луну и планеты осенью 2020-го года в Беларуси.

1) Оцените количество подходящих для наблюдений ясных ночей в сентябре, октябре и ноябре в Беларуси;

2) определите диаметр поля зрения телескопа (в минутах дуги) для трёх имеющихся окуляров без линзы Барлоу, а также с линзой;

3) определите время прохождения (в секундах) планет Марса, Юпитера и Сатурна по диаметру поля зрения для трёх имеющихся окуляров без линзы Барлоу, а также с линзой;

4) определите при какой комбинации окуляра и линзы Барлоу Луна целиком помещается в поле зрения и при этом имеет максимальные угловые размеры.

Примечание: склонения планет на середину осени 2020-го года: Марса $\delta_M = +5^\circ 20'$; Юпитера $\delta_J = -22^\circ 30'$; Сатурна $\delta_S = -21^\circ 20'$.

Задание 5. Характеристики звёзд

В таблице приведены некоторые характеристики пяти звёзд. Определите по данным таблицы для каждой из звёзд:

- 1) цвет;
- 2) класс светимости;
- 3) температуру;
- 4) расстояние до звезды в световых годах и парсеках;
- 5) абсолютную звёздную величину;
- 6) радиус (в радиусах Солнца);
- 7) массу (в массах Солнца);
- 8) принадлежность к определённом поколению звёзд (или звёздному населению);
- 9) примерный возраст;
- 10) расстояние (в астрономических единицах) от звезды до середины её обитаемой зоны.

№	Звезда	Спектральный класс	Годичный параллакс	Видимая звёздная величина	Металличность, [Fe/H]
1	Сервантес	G3V	0,0645"	+5,12 ^m	+0,30
2	Альферац	B8IV	0,0336"	+2,22 ^m	+0,20
3	Альгиеба	K0III	0,0251"	+2,37 ^m	-0,49
4	BD +17° 3248	KII	0,0034"	+9,37 ^m	-2,02
5	Рукбат	B8V	0,0179"	+3,97 ^m	-0,02

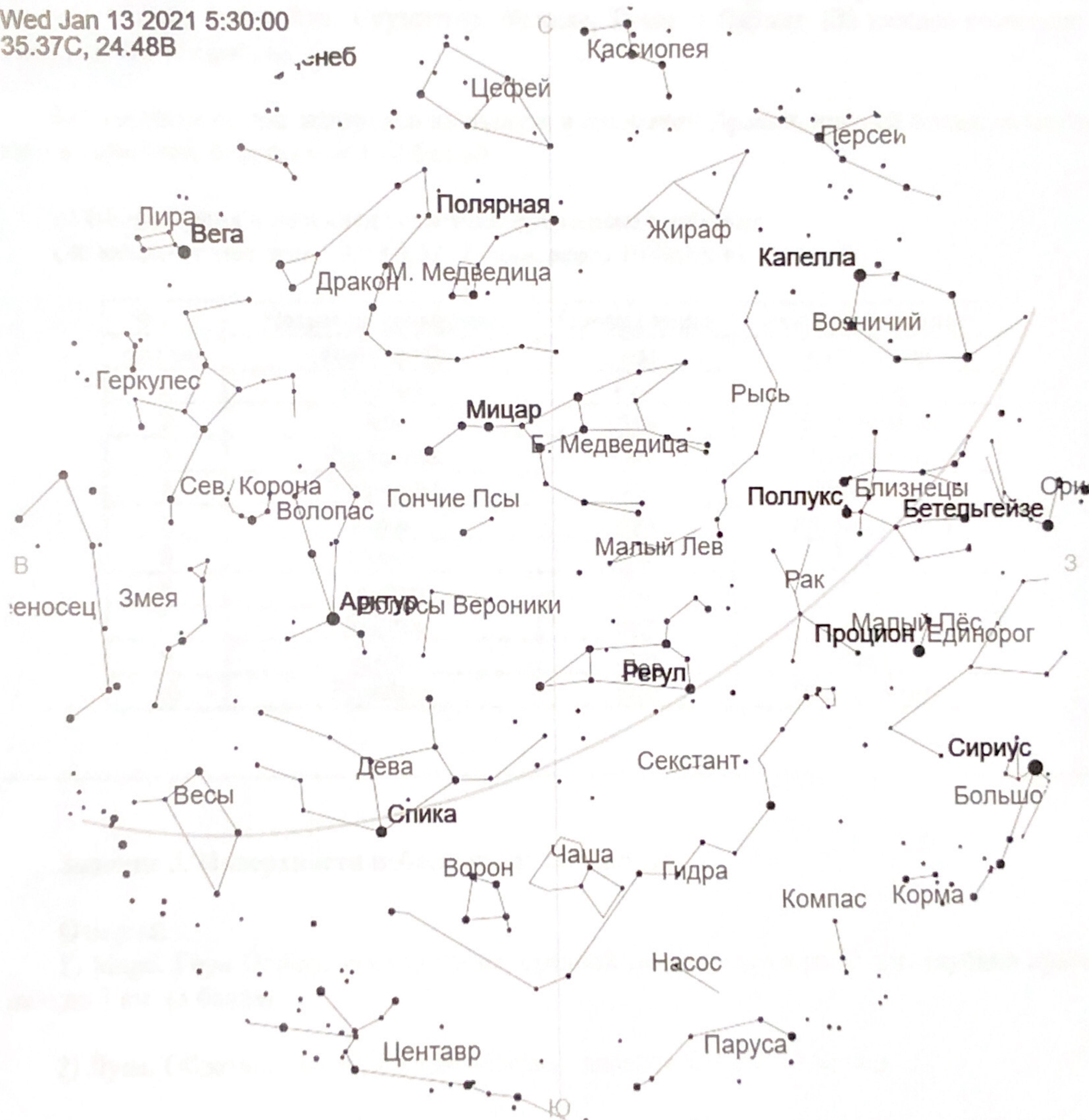
Вариант 1

Решения заданий практического тура

Задание 1. Звёздное небо (25 баллов)

Возможные варианты ответов показаны на рисунке

Wed Jan 13 2021 5:30:00
35.37C, 24.48B



- 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 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 $W_1 = \frac{wf_1}{F} = 20'$, $W_2 = 27'$, $W_3 = 59'$; 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 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 , 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